

SÉRIE A, N° 3390

N° D'ORDRE :

4262

THÈSES

PRÉSENTÉES

à la FACULTÉ des SCIENCES de l'UNIVERSITÉ de PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Noël LENEUF

Licencié ès Sciences

Maître de Recherches de l'O.R.S.T.O.M.

Chef du Service de Pédologie à l'Institut d'Enseignement
et de Recherches Tropicales d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire)

PREMIÈRE THÈSE

L'ALTÉRATION DES GRANITES CALCO-ALCALINS ET DES GRANODIORITES EN COTE D'IVOIRE FORESTIÈRE ET LES SOLS QUI EN SONT DÉRIVÉS

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues le 29 DEC 1958 devant la Commission d'Examen :

MM. G. MANGENOT	Président
J. JUNG	} Examinateurs
E. ROCH	
G. AUBERT	(invité)

IMPRIMERIE LANG GRANDEMANGE S.A. — PARIS

30, rue du Poteau, 30

1959

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

PROFESSEURS

Doyen..... J. PÉRÉS

G. JULIA.....	T Analyse supérieure et Algèbre supérieure.	MALAVARD.....	T Aviation.
FOCH.....	T Mécanique physique et expérimentale.	BRELOT.....	T Calcul différentiel.
DE BROGLIE.....	T Théories physiques.	NORMANT.....	T Chimie organique.
PRENANT.....	T Anatomie et histologie comparées.	BENARD.....	T Chimie minérale.
PÉRÉS.....	T Mécanique des fluides et applications.	BUVAT.....	T Botanique (E.N.S.).
M. CURIE.....	T Physique (S.P.C.N.).	DUGUE.....	T Statistiques mathématiques.
BARRABE.....	T Géologie structurale et Géologie appliquée.	GELOSO.....	T Chimie (S.P.C.N.).
BOURCART.....	T Géographie physique et géologie dynamique.	SOULAIRAC.....	T Psychophysiologie.
PLANTEFOL.....	T Botanique.	ULRICH.....	T Physiologie végétale.
GRASSE.....	T Evolution des êtres organisés.	MARÉCHAL.....	T Optique théorique et appliquée.
PRÉVOST.....	T Chimie organique.	KIRRMANN.....	T Théories chimiques.
BOULIGAND.....	T Application de l'analyse à la Géométrie.	CHADEFAUD.....	T Botanique.
CHAUDRON.....	T Chimie appliquée.	DESTRIAU.....	T Physique (M.P.C.).
WYART.....	T Minéralogie.	M ^{lle} LE BRETON.....	T Physiologie générale.
TEISSIER.....	T Zoologie.	SALEM.....	T Mathématiques générales.
MANGENOT.....	T Biologie végétale.	LELONG.....	T Mathématiques générales.
P. AUGER.....	T Physique quantique et Relativité.	DEVILLERS.....	T Anatomie et histologie comparées.
MONNIER.....	T Physiologie générale.	EHRESMANN.....	T Topologie algébrique.
PIVETEAU.....	T Paléontologie.	FRANÇON.....	T Physique (S.P.C.N.).
ROCARD.....	T Physique (E.N.S.).	GLANGEAUD.....	T Géographie physique et Géologie dynamique.
H. CARTAN.....	T Mathématiques (E.N.S.).	GODEMENT.....	T Mathématiques (M.P.C.).
LAFFITTE.....	T Chimie générale.	PISOT.....	T Calcul des probabilités.
FAVARD.....	T Géométrie supérieure.	E. ROCH.....	T Géologie.
COULOMB.....	T Physique du Globe.	SCHATZMANN.....	T Astrophysique.
M ^{lle} COUSIN.....	T Biologie animale (S.P.C.N.).	TERMIER.....	T Paléontologie stratigraphique.
CHRÉTIEN.....	T Chimie minérale.	ZAMANSKY.....	T Mathématiques générales.
P. DRACH.....	T Zoologie.	LENNUIER.....	T Physique (M.G.P.).
KASTLER.....	T Physique (E.N.S.).	RIZET.....	T Génétique.
EPHRUSSI.....	T Génétique.	ROUTHIER.....	T Géologie appliquée.
WURMSER.....	T Biologie physico-chimique.	M ^{me} TONNELAT.....	T Théories physiques.
RIVIÈRE.....	T Géologie (S.P.C.N.).	DIXMIER.....	T Mathématiques (M.P.C.).
GAUTHERET.....	T Biologie Végétale (P.C.B.).	SOUCHAY.....	T Chimie générale.
LUCAS.....	T Recherches physiques.	AIGRAIN.....	T Electrotechnique.
A. THOMAS.....	T Biologie cellulaire.	BRUSSET.....	T Chimie minérale.
ARNULF.....	T Optique appliquée.	M. LEVY.....	T Physique théorique.
M. MORAND.....	T Enseignement de Physique.	M ^{me} CHAIX.....	T Chimie biologique.
SOLEILLET.....	T Physique.	M ^{me} HUREL-PY.....	T Biologie végétale (P.C.B.).
FORTIER.....	T Mécanique expérimentale des fluides.	PIAUX.....	T Chimie (P.C.B.).
DANJON.....	T Astronomie.	BRUN.....	T Mécanique expérimentale des fluides.
LAPORTE.....	T Physique générale et Radioactivité.	LEDERER.....	T Chimie des substances organiques naturelles.
JANET.....	T Mécanique analytique, et Mécanique céleste.	M ^{me} DUBREIL.....	T Mathématiques.
PETIT.....	T Biologie maritime.	M ^{me} LELONG.....	T Mathématiques (E.N.S.).
QUENEY.....	T Météorologie et Dynamique atmosphérique.	BELLAI.....	T Géologie (S.P.C.N.).
GALLIEN.....	T Embryologie.	COTTE.....	T Physique (M.P.C.).
EICHORN.....	T Biologie végétale (S.P.C.N.).	J.-E. DUBOIS.....	T Chimie (S.P.C.N.).
DE CUGNAC.....	T Biologie végétale (S.P.C.N.).	LAMOTTE.....	T Zoologie (E.N.S.).
M ^{lle} CAUCHOIS.....	T Chimie Physique.	André MICHEL.....	T Chimie (S.P.C.N.).
THELLIER.....	T Physique du Globe.	OLMER.....	T Energétique générale.
L'HERITIER.....	T Génétique.	ROUAULT.....	T Physique générale.
GRIVET.....	T Radioélectricité.	GAUTHIER.....	T Mécanique appliquée.
PONCIN.....	T Mécanique générale.	BARCHEWITZ.....	T Chimie physique.
DUBREIL.....	T Arithmétique et théorie des nombres.	BRUSSEL.....	T Physique atomique.
QUELET.....	T Chimie organique.	BUSER.....	T Biologie animale (P.C.B.).
CAGNIARD.....	T Géophysique appliquée.	CAMUS.....	T Biologie végétale (P.C.B.).
CHAMPETIER.....	T Chimie macromoléculaire.	CASTAING.....	T Physique générale.
CHUVILLIER.....	T Géologie structurale et Géologie appliquée.	CURIEN.....	T Minéralogie et Cristallographie.
JUNG.....	T Pétrographie.	MOISE.....	T Physiologie végétale.
TRILLAT.....	T Microscopie et Diffraction électronique.	NOIRO.....	T Evolution des êtres organisés.
WIEMANN.....	T Chimie organique et structurale.	PANNETIER.....	T Chimie (S.P.C.N.).
JACQUINOT.....	T Spectroscopie et Physique céleste.	POSSOMPS.....	T Biologie animale (P.C.B.).
VASSY.....	T Physique de l'atmosphère.	PULLMANN.....	T Chimie théorique.
DESTOUCHES.....	T Théories physiques.	TEILLAC.....	T Physique nucléaire et Radioactivité.
M. PRUVOST.....	T Géologie.	TONNELAT.....	T Biologie physico-chimique.
AMIEL.....	T Chimie générale (P.C.B.).	VILLE.....	T Econométrie.
HOCART.....	T Minéralogie.	WILLEMART.....	T Chimie (P.C.B.).
J.-P. MATHIEU.....	T Physique (P.C.B.).	DODÉ.....	T Chimie.
COUTEAUX.....	T Biologie animale (P.C.B.).	FREYMANN.....	T Physique (S.P.C.N.).
MAY.....	T Biologie animale (P.C.B.).	GUINOCHE.....	T Biologie végétale. (Orsay).
CHOQUET.....	T Calcul différentiel et intégral.	ROLLET.....	T Chimie (P.C.B.).
FELDMANN.....	T Biologie (P.C.B.).	M ^{lle} JOSIE.....	T Chimie (P.C.B.).
GUINIER.....	T Physique des solides.	CHEVALLEY.....	T Géométrie algébrique et théorie des groupes.
JOST.....	T Physiologie comparée.	ARNOULT.....	T Physique (Orsay).
FORTET.....	T Calcul des probabilités.	CHAPELLE.....	T Physique (P.C.B.).
SCHWARTZ.....	T Calcul différentiel et intégral.	DELANGE.....	T Mathématiques (Orsay).
CHOUARD.....	T Physiologie végétale.	DENY.....	T Mathématiques (Orsay).
		GERMAIN.....	T Mécanique théorique des fluides.
		G. LUCAS.....	T Géologie.
		Paul BENOIT.....	T Physiologie animale.
		DE POSSEL.....	T Analyse numérique.
		M. LEVY.....	T Physique théorique et des hautes énergies.
		CHARLOT.....	T Chimie analytique.
		VILLE.....	T Econométrie.

Secrétaire général..... C. MONIER



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548802_0029

L'ALTÉRATION
DES GRANITES CALCO-ALCALINS ET DES
GRANODIORITES EN COTE D'IVOIRE FORESTIÈRE
ET LES SOLS QUI EN SONT DÉRIVÉS

par

Noël LENEUF

SÉRIE A, N° 3390

N° D'ORDRE :

4262

THÈSES

PRÉSENTÉES

à la FACULTÉ des SCIENCES de l'UNIVERSITÉ de PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Noël LENEUF

Licencié ès Sciences

Maître de Recherches de l'O.R.S.T.O.M.

Chef du Service de Pédologie à l'Institut d'Enseignement
et de Recherches Tropicales d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire)

PREMIÈRE THÈSE

**L'ALTÉRATION DES GRANITES
CALCO-ALCALINS ET DES GRANODIORITES
EN COTE D'IVOIRE FORESTIÈRE
ET LES SOLS QUI EN SONT DÉRIVÉS**

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Soutenues le , *devant la Commission d'Examen :*

MM. G. MANGENOT	<i>Président</i>
J. JUNG	} <i>Examineurs</i>
E. ROCH	
G. AUBERT	<i>(invité)</i>

IMPRIMERIE LANG GRANDEMANGE S.A., PARIS

30, rue du Poteau, 30

1959



SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	11
-------------------	----

PREMIÈRE PARTIE — LE MILIEU FORESTIER IVOIRIEN

— Généralités.....	15
1. Le substratum granitique.....	16
2. Le climat.....	19
3. La végétation.....	27

DEUXIÈME PARTIE — LES FAITS

— Généralités.....	33
— Chapitre I. — Phase d'altération minérale.	

A. LES TYPES D'ALTÉRATION.....	37
--------------------------------	----

TYPE I — Surfaces aériennes des dômes.....	37
TYPE II — Surfaces souterraines diaclasiques....	46
TYPE III — Roche massive bien drainée.....	62
TYPE IV — Roche massive mal drainée.....	93

B. LES MATERIAUX ISSUS DE L'ALTÉRATION	108
--	-----

— Chapitre II. — Phase pédogénétique.	
---------------------------------------	--

A. LES GROUPES DE SOLS : DESCRIPTIONS, CARACTÈRES GÉNÉRAUX.....	113
--	-----

1. Les sols de plateaux et pentes sur matériaux en place	114
2. Les sols sur colluvions de bas de pente.....	132
3. Les sols sur alluvions et colluvions de talwegs....	135
4. Les sols organiques des dômes.....	142

B. <i>RELATIONS ENTRE LES SOLS ET CERTAINS FACTEURS D'ÉVOLUTION</i>	147
1. La pluviométrie.....	147
2. La roche-mère	150
3. La végétation	154
4. La paléopédologie.....	157

TROISIÈME PARTIE — INTERPRÉTATIONS

— Altération et ferrallitisation.	
Bilans chimiques.....	167
Séricitisation	171
Développement des colloïdes argileux.....	172
Remarques sur la phase argileuse dans les profils d'altération ferrallitique.....	177
Intensité de la ferrallitisation et rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$..	180
Essai d'évaluation de la vitesse de ferrallitisation....	181
Essai de datation de la pénéplaine ancienne.....	186
— Conclusions générales	189

DOCUMENTS ANNEXES

1. Méthodes d'analyses	193
2. Références bibliographiques	199
3. Photographies	211

AVANT-PROPOS

Avant d'exposer les résultats et les conclusions de mes recherches, je tiens à remercier tous mes professeurs, tous mes amis, et tous ceux qui ont pu par leurs enseignements, par leurs conseils ou leur collaboration technique me faciliter la réalisation de ce travail.

Je me fais un devoir, en premier lieu, d'exprimer ma gratitude à M. G. MANGENOT, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, Directeur de l'Institut d'Enseignement et de Recherches Tropicales d'Adiopodoumé, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider mon jury, et pour tous les encouragements qu'il m'a prodigués dans mes recherches ; j'ai pu apprécier sous sa direction durant mon séjour en Côte d'Ivoire, toutes ses qualités d'homme de science ayant le souci constant de l'orientation de nos programmes de recherches sur la connaissance fondamentale, son désir de nous faire partager son grand attachement à la nature tropicale et en particulier, à ce milieu exceptionnel que représente la forêt dense.

Je remercie M. J. JUNG, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris, d'avoir bien voulu accepter de faire partie de ce jury.

Je remercie M. E. ROCH, Professeur à la Faculté des Sciences de Paris d'avoir accepté également de faire partie de ce jury et de rapporter mon travail ; je lui témoigne encore toute ma reconnaissance pour les enseignements que j'avais retirés en sa compagnie en 1949, lors de ma première prospection sur les formations géologiques tchadiennes.

Je tiens à témoigner une particulière gratitude à M. G. AUBERT, Chef du Service des Sols de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer de nous avoir inculqué sa foi et son enthousiasme pour notre science pédologique ; je le remercie de tous ses conseils, du temps qu'il a pu me consacrer pour la mise au point de ce mémoire et de toute l'aide scientifique et technique qu'il m'a fait donner dans les laboratoires de l'Institut d'Enseignement et de Recherches Tropicales de Bondy.

Je rends un hommage particulier à tous les Maîtres qui m'ont formé aux disciplines des Sciences de la Terre :

— à M. S. HENIN, Professeur à l'Institut National Agronomique, par lequel j'ai reçu mon enseignement de physique du sol ; je le remercie d'avoir bien voulu s'associer à mon travail par ses critiques, ses conseils que j'ai recherchés, en particulier pour la détermination des minéraux argileux.

— à M. H. ERHART, Professeur de Pédologie à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, qui fut en 1948, mon premier initiateur de terrain au Tchad et au Cameroun;

— à M. R. CHAMINADE, Professeur à l'Institut National Agronomique;

— à mes Professeurs de la Faculté des Sciences de Dijon, et en particulier à M. le Doyen R. CIRY qui assura ma formation géologique et minéralogique.

J'exprime toute ma respectueuse reconnaissance à M. le Professeur R. COMBES, Membre de l'Institut, à qui je dois mon recrutement à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer et qui a toujours montré un grand intérêt pour nos études fondamentales de Pédologie.

Je remercie vivement M. J.-J. JUGLAS, Directeur de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer qui, toujours soucieux de l'efficacité de nos recherches, a bien voulu m'accorder sa confiance en me donnant de larges facilités de séjour dans la métropole pour terminer ce travail.

Je remercie M. l'Ingénieur en Chef M. NICKLES, Directeur du Centre Géologique de la France d'Outre-Mer à Chatenay-Malabry, de m'avoir offert avec beaucoup de bienveillance, la collaboration de l'un de ses pétrographes, M. M. PICOT, pour la confection et l'interprétation de mes nombreuses plaques minces.

Je remercie tous mes collègues pédologues de Côte d'Ivoire, B. DABIN, Y. BERLIER, G. RIOU, P. de la SOUCHERE, tout le personnel technique du laboratoire de Pédologie d'Adiopodoumé et en particulier Mme DWERNICKI et ALLAGBÉ KOKOU, pour les nombreux services qu'ils m'ont rendus et les analyses que je leur dois.

Je remercie MM. OLLAT, PINTA, PELLOUX et Mlle du ROUCHET de l'aide précieuse qu'ils m'ont accordée dans leurs services analytiques de l'Institut de Bondy, M. QUINET pour la mise au net de mes cartes et de mes graphiques, Mlle PIERRE pour la présentation dactylographique de mon manuscrit.

Mes remerciements vont à mon excellent ami géographe G. ROUGERIE, Maître de Conférences à la Faculté des Lettres de Besançon, compagnon de terrain dont la collaboration scientifique me fut toujours assurée avec beaucoup de sympathie et avec lequel nous avons réalisé de fructueuses prospections dans la zone forestière de Côte d'Ivoire.

Enfin, je ne saurais oublier dans mes remerciements, tous mes amis de Côte d'Ivoire et en particulier M. P. BONJOUR, Président de la COBAFRUIT, dont l'expérience africaine et l'aide m'ont été précieuses et ont contribué, pour leur part, à l'achèvement de ce mémoire.

INTRODUCTION

Les problèmes pédogénétiques concernant les granites calco-alcalins et les granodiorites de Côte d'Ivoire présentent d'autant plus d'intérêt que ces roches cristallines occupent une superficie très étendue dans ce territoire et que les conditions climatiques intertropicales sous lesquelles elles évoluent subissent d'importantes variations.

Sur l'initiative de M. G. AUBERT, Chef du Service des Sols de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, une étude fut entreprise dans ce domaine, afin d'apporter une contribution scientifique, aussi modeste soit-elle, à la connaissance des conditions d'altération des granites de l'Ouest Africain et de la formation des sols tropicaux. Nous espérons que des enseignements pourront en être retirés ultérieurement en Pédologie générale et appliquée, en particulier sur les problèmes de fertilité intéressant les régions granitiques.

La formation des chaos et des dômes est un des résultats les plus spectaculaires de l'altération des granites. Elle a retenu de longue date l'attention des géologues et géographes, et les hypothèses formulées à ce sujet ont évolué considérablement au fur et à mesure que progressait la connaissance des processus d'altération des silicates. Une désagrégation aérienne physique du granite sous l'influence des conditions météoriques ne pouvait être envisagée seule dans la genèse de ces blocs sphéroïdaux et de ces dômes. Il apparut, assez rapidement, que l'on devait considérer ces manifestations morphologiques comme les « racines » d'une altération antérieure souterraine, dont les matériaux meubles ont été déblayés progressivement au cours de périodes actives d'érosion.

Les processus d'arénisation dans les régions tempérées, de latéritisation dans les régions tropicales, l'influence des cycles paléoclimatiques sont à l'origine de cette morphogénèse.

Dans les travaux déjà anciens de LACROIX (1913), VAGELER (1930), HARRASOVITZ (1930), ARSANDAUX (1931), MOHR (1933), HARRISON (1934), ERHART (1934), sur les régions tropicales, ont été posés les premiers principes permettant d'expliquer les processus de latéritisation : migration de la silice et des bases après destruction des silicates primaires en milieu d'hydrolyse alcaline ou légèrement acide, accumulation des hydroxydes de Fe et d'Al dans la couche superficielle. Des travaux très récents ont précisé les modalités de migration et de cuirassement des hydroxydes de Fe et d'Al (ALEXANDER, d'HOORE, MAIGNIEN), ou ont utilisé des techniques modernes dans

l'étude et l'interprétation des processus de latéritisation (BONIFAS...). Enfin des études expérimentales de laboratoire essayent de recréer les conditions précises de la désagrégation des roches cristallines et de la latéritisation afin de dissocier l'action des différents facteurs agissant dans ces phénomènes et d'apprécier leur intensité (HENIN, BIROT, PEDRO...).

Dans notre étude, nous avons considéré que des observations fondamentales de terrain, complétées par des documents analytiques, étaient encore susceptibles d'apporter d'utiles précisions dans l'identification des minéraux de néoformation, et les conditions de leur genèse sur les granites calco-alcalins et les granodiorites sous les influences climatiques de la Côte d'Ivoire forestière. Nous avons essayé de réaliser cet objectif, en conservant une étroite liaison entre ces matériaux secondaires issus de l'altération souterraine et leur évolution en fonction des conditions pédogénétiques superficielles influant sur la formation du sol.

Le présent mémoire comportera donc trois parties :

1. — Une définition du milieu forestier ivoirien aux points de vue géologique, climatique et phytogéographique.

2. — Un exposé des faits, intéressant en premier lieu la phase d'altération minérale, souterraine ou aérienne, suivant les modalités de contact entre l'eau et la roche, puis ceux concernant la phase pédogénétique :

— caractères généraux des sols suivant la position autochtone ou allochtone des matériaux d'altération,

— relation des sols avec certains facteurs d'évolution (pluviométrie, roche-mère, végétation, paléopédologie).

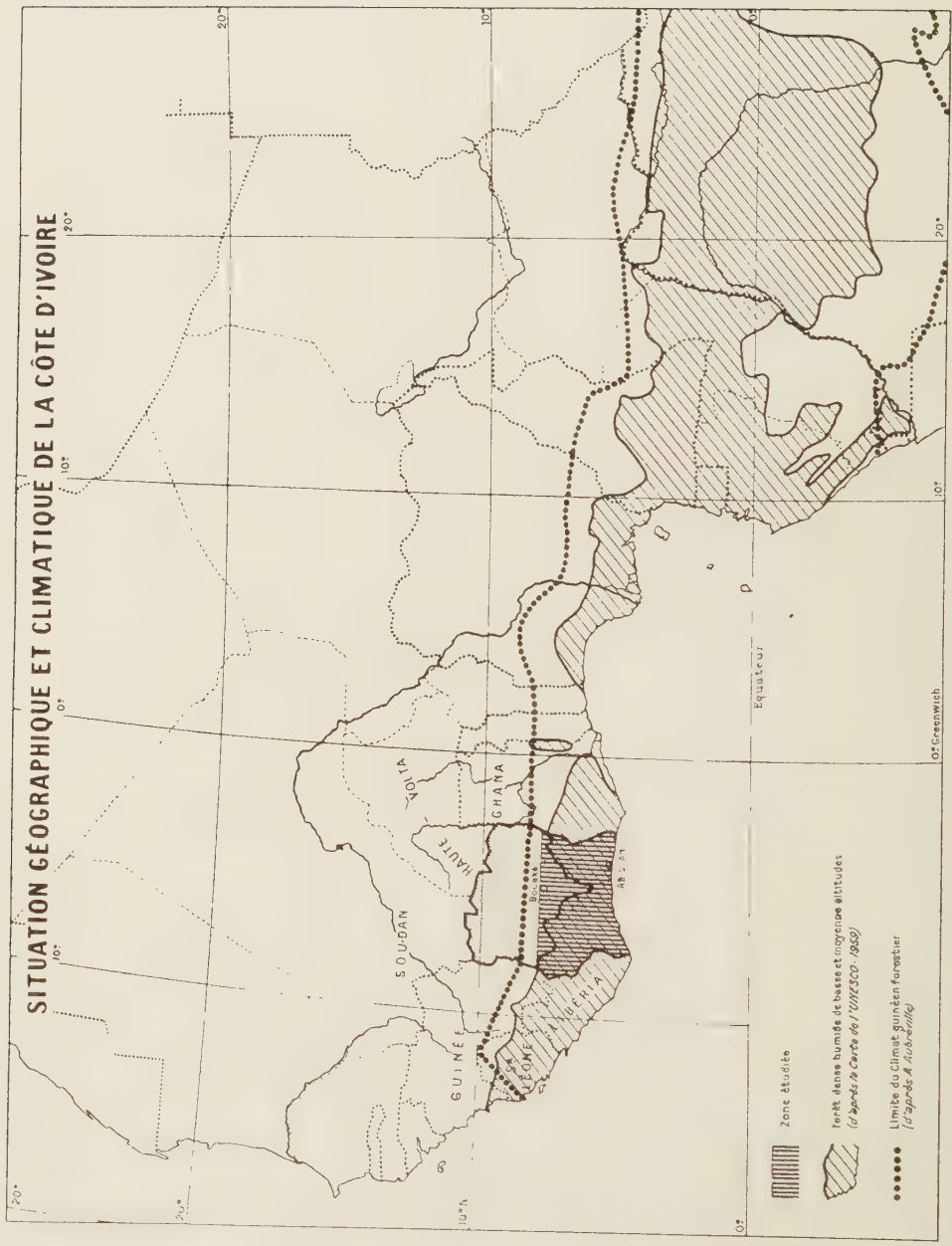
3. — Une discussion générale des faits observés dans l'altération des granites et la genèse des sols ferrallitiques en Côte d'Ivoire.

Les méthodes d'étude, les références bibliographiques et les photographies seront données en documents annexes.

PREMIÈRE PARTIE

LE MILIEU FORESTIER IVOIRIEN

.



PREMIÈRE PARTIE

LE MILIEU FORESTIER IVOIRIEN

Pays de l'Ouest Africain, la Côte d'Ivoire est comprise entre les coordonnées suivantes : latitude 4°30 à 10°30 Nord, longitude 2°30 à 8°30 Ouest. Elle est limitée au Sud par les rivages de l'Océan Atlantique, à l'Est par le GHANA, au Nord par la HAUTE-VOLTA et le SOUDAN, à l'Ouest par la GUINEE et le LIBERIA.

Son substratum géologique est constitué surtout de formations d'origine **plutonique** (granites alcalins et calco-alcalins, granito-gneiss, granodiorites, charnockites), **métamorphique** (schistes, amphibolites, quartzites, micaschistes) et **volcanique** (dolérites) rattachées au **Birrimien** et faisant partie du bouclier précambrien de l'Afrique Occidentale (ROQUES).

Une bordure **sédimentaire tertiaire** (pointements paléocènes d'EBOINDA et FRESCO, sables néogènes) s'étend de la région SASSANDRA-FRESCO aux frontières du GHANA sur une largeur maximum Nord-Sud de 35 km, dans la région sublittorale de la basse côte.

Les sables marins quaternaires et actuels, constituant le littoral, ont isolé un certain nombre de lagunes, face à la zone sédimentaire tertiaire.

Le relief général du territoire est celui d'une pénéplaine dont l'altitude varie du Nord au Sud de 250 m/350 m à 50 m/100 m. Elle est dominée de temps à autre par des dômes granitiques ou des collines d'origine schisteuse ou volcanique qui peuvent dépasser 500 m. Le Nord-Ouest de MAN, dont certains sommets dépassent 1 100 m, est la seule région « montagneuse » qui se trouve plus en rapport avec la tectonique et les modalités du relief de la Haute-Guinée forestière qu'avec l'ensemble de la Côte d'Ivoire.

Le réseau hydrographique est constitué de quelques grands fleuves (Cavally, Sassandra, Bandama, Comoë) et de leurs affluents parfois très importants comme le Nzi, et d'un certain nombre de rivières littorales ou lagunaires (Bia, Agnébi...) dont l'écoulement suit une direction générale Nord-Sud.

Le climat intertropical de type guinéen forestier dans le Sud, ou de type soudano-guinéen dans le Nord du territoire, conditionne la répartition des deux grandes zones de végétation : la forêt et la savane.

La forêt occupe la partie méridionale du territoire et constitue en fait deux blocs : le plus important à l'Ouest faisant masse avec la forêt libérienne, l'autre, moins étendu, au Sud-Est, est étroitement associé à l'ensemble forestier ghanéen. A la jonction des deux blocs, on observe un isthme forestier dont la largeur Nord-Sud ne dépasse pas 120 km depuis le littoral. Cet isthme correspond à une pointe avancée des savanes septentrionales au cœur des régions forestières que les botanistes ivoiriens appellent habituellement « V » baoulé (du nom de la région ethnique qui couvre le centre de la Côte d'Ivoire).

Après ces généralités, nous étudierons plus en détail les facteurs intéressant l'altération des granites et la pédogénèse en milieu forestier : le substratum granitique, le climat et la végétation.

I. — LE SUBSTRATUM « GRANITIQUE »

Dans sa remarquable synthèse sur le Précambrien de l'A.O.F., M. ROQUES indique que des manifestations plutoniques d'une ampleur extraordinaire ont accompagné ou suivi le métamorphisme régional du Birrimien schisteux. Ces roches plutoniques connues auparavant sous le nom de **granito-gneiss** doivent être distinguées des schistes cristallins plus anciens **d'époque dahomeyenne** dont la présence n'a pu être affirmée en Côte d'Ivoire. Elles se présentent en gisements batholitiques de plusieurs types dont le plus important est un « **batholite intrusif** concordant » sans passage progressif à des « migmatites » et « dont le contour est concordant avec la schistosité des formations antérieures ».

Les granites de ces batholites appelés encore « granites de Cape Coast », par les géologues britanniques, sont très hétérogènes :

- par leur texture : texture granitique normale sans orientation de cristaux, texture porphyroïde (granite de WINNEBA), texture fluidale avec orientation des minéraux non déformés, texture granitique schisteuse, mais cataclastique, texture gneissique dans les cas extrêmes,

- par la multiplicité de leurs dimensions : granites à gros grain, granites à grain fin, venues aplitiques ou pegmatitiques,

- par leurs différenciations chimiques,

- par leurs enclaves, souvent migmatisées, qui passent progressivement aux granites et qui se rencontrent en panneaux irrégulièrement disséminés dans leur massif, et ont été appelées « migmatites intra-batholitiques ».

Il existe enfin une relation évidente, entre leur composition minéralogique et la nature des septas qu'ils renferment.

« En fait, le type moyen est un granite calco-alcalin à biotite, ou amphibole, ou plus rarement une granulite calco-alcaline. Ce type passe par différenciation ou endomorphisme à des roches plus leucocrates, ou

au contraire à des granodiorites, diorites quartzifères, diorites ou même gabbros. » (ROQUES).

L'étude de L. BODIN apporte une documentation importante sur les différents faciès des granites calco-alcalins de Côte d'Ivoire, d'une part sur les granites « baoulés » issus d'immenses batholites concordants localisés principalement sur la moyenne et la basse Côte d'Ivoire, d'autre part sur ceux de batholites discordants caractérisés par leur « intrusivité et leur homogénéité » et qui se présentent en petits massifs circonscrits dans l'Est de la Côte d'Ivoire (ABOISSO, BONDOUKOU).

Nous donnerons quelques caractères généraux des différents faciès de ces granites.

Le faciès à muscovite, ou à deux micas, est fréquemment à la limite des granites alcalins avec prédominance du microcline sur l'oligoclase. Le microcline tend souvent à englober et digérer les plagioclases (pseudo-antiperthites). La roche est d'ailleurs pauvre en micas ; exceptionnellement, certains types sont très riches en muscovite. La myrmékite est rare. L'épidote est le minéral accessoire le plus fréquent.

— **Le faciès à biotite**, possède en équivalence microcline et plagioclase. La biotite est fréquemment chloritisée. Les minéraux accessoires sont plus nombreux : sphène, apatite, épidote, calcite, parfois allanite. La myrmékite est abondante.

— **Le faciès à biotite et amphibole** est riche en biotite et en hornblende verte ; il est voisin, pétrographiquement, d'une granodiorite (rapport microcline/plagioclase voisin de 0,2).

Les migmatites intrabatholithiques que nous avons observées pour l'étude de nos types d'altération, présentent des faciès rappelant la composition d'un granite leucocrate à 2 micas ou d'un granite à biotite et amphibole, riche en éléments ferro-magnésiens.

La granodiorite de la région d'ABOISSO décrite par B. DONNAULT (cité par BODIN) présente des plagioclases automorphes, du quartz peu abondant et du microcline rare. La biotite est très chloritisée. L'amphibole est de la hornblende verte. L'épidote et la magnétite sont les principaux minéraux accessoires.

Nous donnons, ci-après, la composition chimique et minéralogique de quelques-unes des roches les plus typiques (Tableau I). Des descriptions pétrographiques et analyses détaillées seront également citées lors de l'étude des différents types d'altération.

TABLEAU I

Composition chimique de granites calco-alcalins,
granodiorites et migmatites de Côte d'Ivoire

FACIES	Granites						Migmatites	
	γ'''_m	γ'''_b		γ'''_{ba}	γ''''		γG_{bm}	γG_{bh}
N°	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ²	73,25	73,90	71,64	66,35	65,45	65,69	75,19	68,30
Al ² O ³	15,25	12,90	13,30	15,00	15,60	12,00	12,77	17,73
Fe ² O ³	0,77	1,40	2,90	0,85	1,84	10,05	1,90	0,58
FeO.....	0,57	0,80		2,70	2,44			2,10
MnO.....	0,03		0,01		0,07	0,03		
MgO.....	0,19	0,45	0,70	2,10	2,47	1,90	<0,20	1,32
CaO.....	1,21	1,06	2,33	3,50	4,10	4,38	1,89	3,95
Na ² O.....	2,46	2,60	4,90	4,40	4,50	4,40	4,50	3,29
K ² O.....	5,50	6,20	2,42	2,00	2,12	1,59	2,07	1,92
TiO ²	0,20	0,30	0,29	0,60	0,30	0,54	0,15	0,25
P ² O ⁵	0,02	0,10	0,16	0,26	0,10	0,36	0,08	0,80
H ² O +.....	0,12	0,28	0,25	0,75	0,70	0,93	0,78	0,60
H ² O —.....	0,30	0,13		0,35	0,02			
CO ²				0,70				
	99,87	100,11	98,90	99,56	99,71	101,87	99,53	

N° 1 : Granite de BOUAKE (analyse J. PATUREAU). Cité par L. BODIN.

N° 2 : Granite de SEGUELA (analyse B. MARTINET). Cité par L. BODIN.

N° 3 : Granite de DIVO-E. (analyse P. PELLOUX). IDERT, Bondy.

N° 4 : Granite d'ODIENNE-E. (analyse B. MARTINET). Cité par L. BODIN.

N° 5 : Granodiorite de KOCORANDUM (ABOISSO). (Analyse de J. PATUREAU). Cité par L. BODIN.

N° 6 : Granodiorite d'HIRE (analyse de P. PELLOUX). IDERT. Bondy.

N° 7 : Migmatite de TABOU (analyse de P. PELLOUX). IDERT. Bondy.

N° 8 : Migmatite de KRAGUI-NEYA (S.W. Côte d'Ivoire). Cité par M. BOLGARSKY.

TABLEAU I (suite)

Composition minéralogique virtuelle de granites calco-alcalins
et d'une granodiorite de Côte d'Ivoire

FACIES	γ'''_{mb}	γ'''_b	γ'''_{ba}	γ''''
Nos	1	2	4	5
Quartz... ..	34,80	32,46	21,78	18,66
Orthose.....	32,80	36,70	11,68	12,23
Albite.....	20,96	22,01	37,20	38,25
Anorthite.....	5,84	4,45	15,29	16,12
Corindon.....	3,06	0,20	—	—
SiO ³ Ca.....	—	—	0,23	1,39
SiO ³ Mg.....	0,50	1,10	5,30	6,20
SiO ³ Fe.....	—	—	3,17	2,64
Magnétite.....	1,16	2,09	—	2,55
Ilménite.....	0,46	0,61	—	0,61
Apatite.....	—	—	—	0,34
Rapport : Orthose/Plagio- clase.....	1,22	1,38	0,22	0,22
An %.....	21,8	17	29	29
Σ_b	2,12	4,14	11,9	13,73

II. — LE CLIMAT

La classification de A. AUBREVILLE situe la moyenne et la basse Côte d'Ivoire dans la **zone climatique guinéenne forestière** et plus spécialement dans les sous-climats « **libérien-éburnéen** », « **kissien** », « **éburnéen-ondoyen** » et « **baouléen-dahoméen** ».

Le climat guinéen forestier caractérise le domaine de la **forêt dense**. Dans ses grandes lignes, il est défini par l'uniformité de la température (moyenne annuelle 26 à 27°), par de fortes chutes de pluies réparties sur un grand nombre de mois pluvieux, par un petit nombre de mois secs (définis par une moyenne mensuelle < 50 mm), par une tension moyenne annuelle de vapeur d'eau toujours très élevée (20 à 22 mm) et par un

déficit de saturation moyen annuel toujours très faible (au plus, 5 à 7,5 mm sur les limites septentrionales).

Dans la zone forestière ivoirienne, l'intensité et la répartition des chutes de pluies nous permettront de définir plusieurs régions pluviométriques que nous rattacherons aux quatre sous-climats cités auparavant.

1. PLUVIOMÉTRIE MOYENNE ANNUELLE $> 1\,700$ mm

a) SOUS-CLIMAT LIBÉRIEN-ÉBURNÉEN.

— **Région Sud-Ouest** (TABOU - GRABO - TAI - GUIGLO - TOULEPLEU).

Les pluies sont réparties sur 11 mois en deux saisons, dont les maxima sont situés en juin (le plus élevé) et en septembre.

Les minima pluviométriques sont en janvier et août.

— **Région Sud-Est** (ABIDJAN - AZAGUIE - ABOISSO).

Les pluies sont réparties sur 11 mois environ, présentant leurs maxima en juin et octobre-novembre.

Les minima pluviométriques sont également en janvier et août.

Pour ces deux régions, le nombre moyen annuel des jours de pluies varie entre 110 et 150.

b) SOUS-CLIMAT KISSIEN.

— **Région montagneuse Ouest de MAN.**

Les chutes de pluies sont très élevées, mais elles sont réparties sur une seule saison qui présente un maximum en septembre. La saison sèche peut être plus longue et le déficit de saturation atteint des valeurs assez élevées, surtout dans les régions limites savane-forêt.

2. PLUVIOMÉTRIE MOYENNE ANNUELLE COMPRISE ENTRE $1\,700$ ET $1\,300$ mm

— SOUS-CLIMAT ÉBURNÉEN-ONDOYEN.

C'est la vaste région forestière centrale de Côte d'Ivoire dont les points les plus représentatifs sont DALOA, GAGNOA, SASSANDRA, AGBOVILLE, ABENGOUROU.

Les pluies sont réparties en deux saisons présentant leurs maxima en juin et septembre-octobre.

Les minima pluviométriques sont en janvier et juillet-août.

La saison sèche est plus caractérisée dans cette région et peut se manifester durant les mois de décembre-janvier-février.

Le nombre moyen annuel des jours de pluies varie entre 85 et 110.

3. PLUVIOMÉTRIE MOYENNE ANNUELLE COMPRISE ENTRE 1 000 ET 1 300 mm

— SOUS-CLIMAT BAOULÉEN-DAHOMÉEN.

Cette région pluviométrique intéresse surtout la **limite savane-forêt de la zone centrale de la moyenne Côte d'Ivoire dite du « V » baoulé**. (MANKONO, BÉOUMI, BOUAKÉ, TOUMODI, DIMBOKRO). Le poste de BOUAKÉ est très représentatif de ce sous-climat ; DIMBOKRO, poste situé plus au Sud dont la pluviométrie est équivalente à celle de BOUAKÉ, marque une transition vers le sous-climat éburnéen-ondayen, au point de vue de la répartition des pluies.

A BOUAKÉ, les maxima pluviométriques sont en mai et septembre (le plus important), et les minima sont en janvier et juillet.

A DIMBOKRO, les maxima pluviométriques sont en juin et septembre ; les minima sont en décembre-janvier et août.

En résumé, à l'exception de la région N-W de MAN, la répartition des pluies de la zone forestière est faite sur deux saisons, légèrement décalées, à l'Est ou à l'Ouest suivant l'influence des vents de mousson. L'intensité de la grande saison pluvieuse (avril-juillet), très forte en basse Côte d'Ivoire (TABOU, ABIDJAN, ABOISSO) diminue progressivement dans les limites forêt-savane, et le maximum des pluies est concentré sur le mois de septembre (BOUAKÉ). La petite saison sèche se trouve également déplacée d'août à juillet.

Indices climatiques

a) Drainage calculé.

Les formules $D = \frac{\gamma P^3}{1 + \gamma P^2}$ et $\gamma = \frac{1}{0,15 T - 0,13}$ établies par

S. HENIN, permettent de calculer en fonction de la pluviométrie et de la température moyenne annuelle, la quantité d'eau météorique susceptible de s'infiltrer et de drainer dans le sol, et d'influer sur les phénomènes de lessivage et d'altération profonde des roches. Dans la région forestière où la température représente un facteur pratiquement constant, cet indice se trouve en corrélation très étroite avec la pluviométrie.

Les valeurs calculées sont les suivantes pour 12 postes de la moyenne et basse Côte d'Ivoire :

1. Pluviométrie > 1 700 mm.

Sud-Ouest	TABOU.....	1 225 mm
	TAI.....	713 mm
Sud-Est	ABIDJAN.....	892 mm
	ABOISSO.....	808 mm
Nord-Ouest	MAN.....	926 mm

2. *Pluviométrie de 1 700 à 1 300 mm.*

DALOA.....	475 mm
GAGNOA.....	466 mm
BOUAFFLE.....	400 mm
AGBOVILLE.....	393 mm
ABENGOUROU.....	439 mm

3. *Pluviométrie de 1 300 à 1 200 mm.*

DIMBOKRO.....	342 mm
BOUAKÉ.....	344 mm

Les valeurs sont réparties suivant trois groupes (> 700 mm, 400 mm à 500 mm et 300 à 400 mm) coïncidant avec l'intensité pluviométrique des régions décrites auparavant. Nous étudierons ultérieurement les relations existant entre ces groupements et certaines propriétés physico-chimiques des sols.

b) **Coefficient de Meyer** .

D'après la formule de Meyer : $Q_s = \frac{P}{f(1-e)} = \frac{\text{Pluviométrie annuelle}}{\text{Déficit de saturation}}$

nous avons calculé ce coefficient sur quelques postes de la zone forestière :

TABOU = 585 (P > 1 700 mm), en zone d'influence maritime.

ABIDJAN = 366 (P > 1 700 mm), en zone d'influence maritime.

TAI = 327 (P de 1 700 mm env.), en zone intérieure.

GAGNOA = 291 (P de 1 300 mm à 1 700 mm), en zone intérieure.

« Qs » présente toujours des valeurs élevées, voisines ou supérieures à 300 et qui correspondent à des régions d'altération ferrallitique caractérisée. (Réf. : Travaux de TERCINIER et MOUREAUX à Madagascar).

TABLEAU II

Précipitations moyennes mensuelles en Côte d'Ivoire forestière

LIEU	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	Nombre de jours de pluie
														Moyenne annuelle
TABOU..... (28)	41,7	54,1	81,4	140,0	425,3	497,5	142,1	89,8	209,9	206,3	196,7	130,6	2215,4	136,1
TAI.....	14,0	48,1	165,6	127,9	204,2	211,1	74,8	88,7	355,1	251,1	128,8	32,5	1702,2	
MAN..... (27)	17	57	125	156	168	210	206	277	316	161	62	23	1778	110,9
ABOISSO..... (28)	21,2	38,6	111,4	154,0	289,0	452,3	200,0	57,5	99,0	146,2	142,3	79,5	1791,0	152,6
ABIDJAN..... (18)	22,6	34,9	117,7	127,9	400,5	446,2	148,5	39,4	61,6	191,3	221,4	88,4	1894,4	119,9
DALOA..... (30)	18	64	106	153	149	181	112	118	249	178	63	11	1402	87,4
GAGNOA..... (27)	27,2	56,8	155,5	153,8	188,1	206,7	91,6	62,8	175,2	140,2	96,6	40,3	1395,7	97,7
BOUAFLE..... (26)	16	53	121	144	178	186	83	95	223	138	55	30	1325	85,6
AGBOVILLE..... (27)	17	40	119	137	187	253	122	56	112	163	140	33	1315	112,4
ABENGOUROU.. (30)	13	40	113	126	218	231	133	64	139	183	87	14	1361	94,1
DIMBOKRO..... (28)	20,4	42,8	126,4	155,6	195,6	190,3	75,8	59,3	144,5	135,2	70,5	15,0	1231,4	93,6
BOUAKE..... (27)	12,2	37,5	96,7	142,8	149,8	135,9	86,0	116,4	236,0	130,0	39,2	24,5	1207,1	94,8

(*) Nombre d'années d'observations.

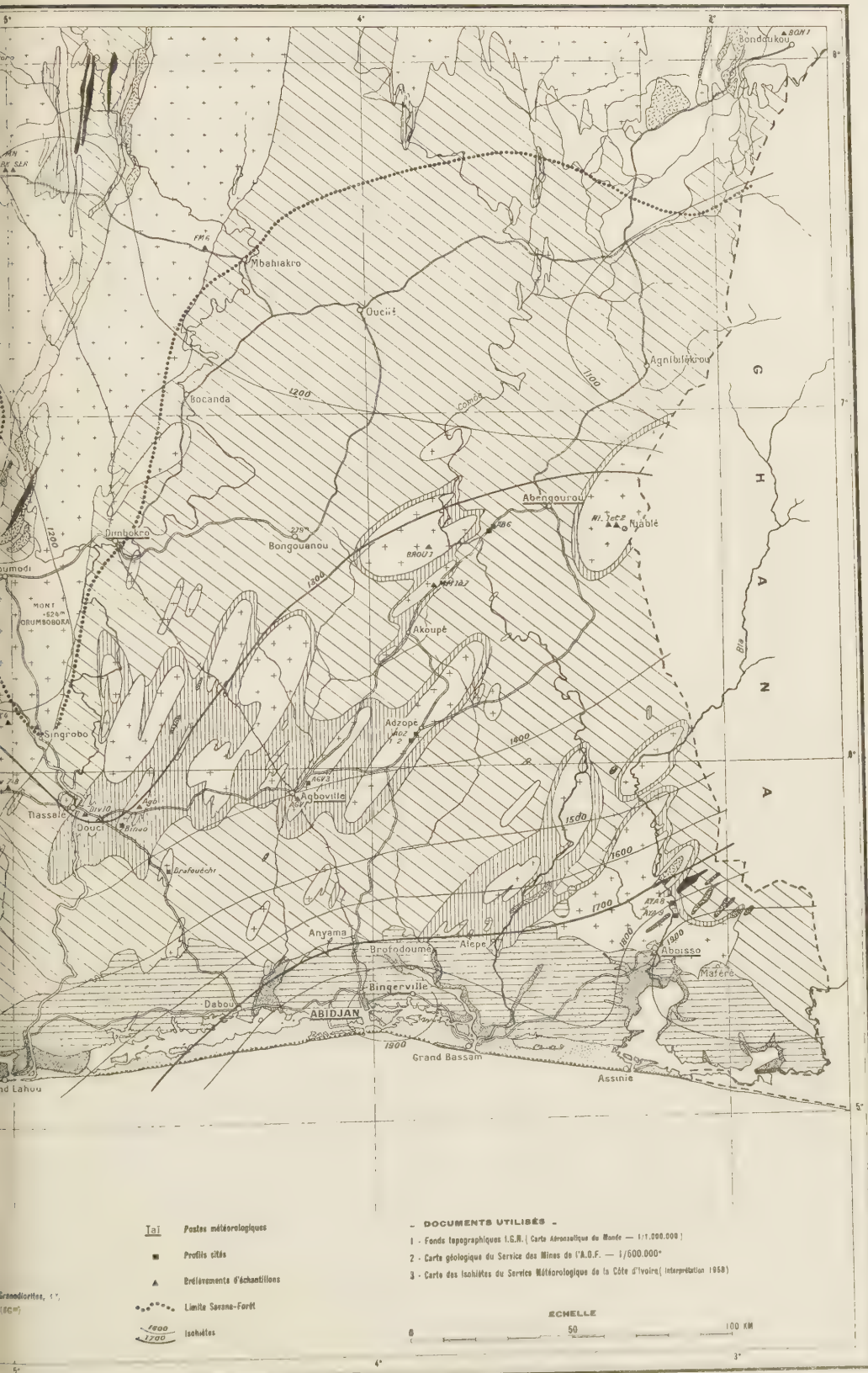
R. Les données pluviométriques ont été relevées dans les archives du Service Météorologique de la Côte d'Ivoire, dans l'Etude climatologique provisoire de la Côte d'Ivoire de A. CHABRA et dans une étude sur la Nutrition minérale du caféier de A. LOUE.

CARTE GÉOLOGIQUE ET PLUVIOMÉTRIQUE



7° Ouest Greenwich

5°



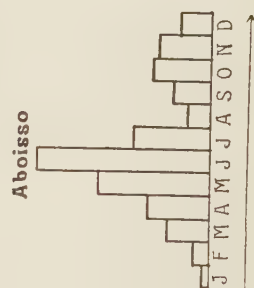
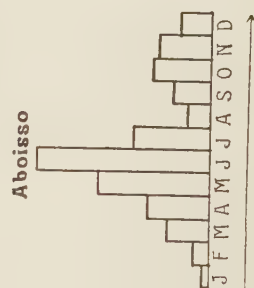
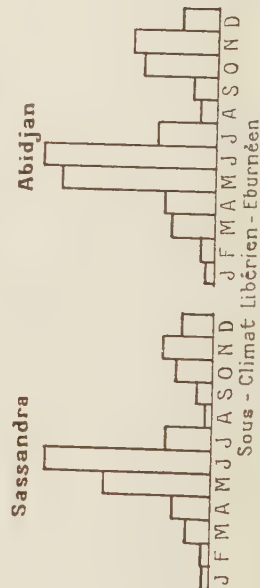
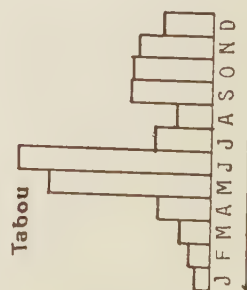
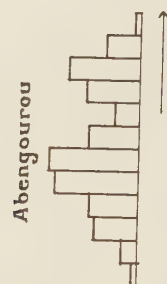
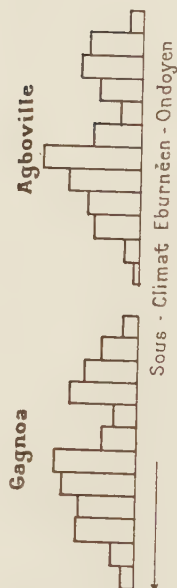
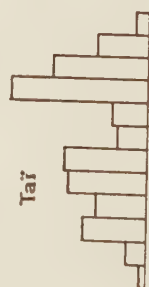
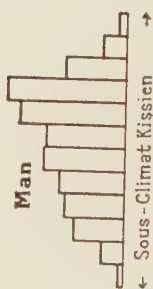
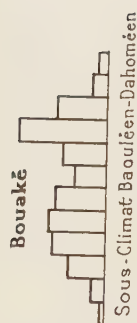
CÔTE D'IVOIRE

PLUVIOMÉTRIE MOYENNE MENSUELLE

Taïr : Transition entre s/c libérien et s/c Kissien

Bouaflé : — d° — d° — Eburnéen et s/c Baouléen

Dimbokro : — d° — d° — d° — d° —



Pluviométrie en m/m

III. — LA VÉGÉTATION

De nombreux savants, botanistes et forestiers, parmi lesquels nous citerons A. CHEVALIER, A. AUBREVILLE, L. BEGUE, R. PORTERES, R. SCHNELL ont activement contribué depuis le début du siècle (1905) au développement de la connaissance du milieu forestier ivoirien, tant au point de vue de l'inventaire de la flore que de celui de la répartition des espèces et des associations végétales.

Depuis 1945, le Professeur G. MANGENOT s'intéresse plus particulièrement à la phyto-sociologie et la phytogéographie de la forêt dense et une synthèse de ses vues générales est exposée en 1955 dans son « Etude des Forêts de plaines et plateaux de la Côte d'Ivoire ». J. MIEGE effectue à la même époque une étude des régions septentrionales du territoire sur les Forêts claires et savanes sub-soudanaises.

Deux caractères particuliers de la végétation retiennent notre attention, pour leurs relations avec les sols dérivés de l'altération des granites : — d'une part, la répartition territoriale et climatique des différents types de forêts denses et des savanes — d'autre part, les relations des grands groupements végétaux avec le milieu édaphique des régions granitiques.

Le premier aspect sera abordé ci-après, en fonction de données bibliographiques ; le second sera évoqué lors de l'étude des relations entre les sols et certains facteurs d'évolution.

a) Les groupements végétaux de la zone forestière.

Suivant l'esquisse botanique de la Côte d'Ivoire de G. MANGENOT et J. MIEGE, diffusée en 1956, la végétation est divisée en **groupements littoraux et sublittoraux** et en **groupements sylvatiques de l'intérieur**. Les premiers sont constitués par des forêts et savanes, localisées dans le cordon littoral, de FRESCO à la frontière du Ghana, et en des zones discontinues de mangrove situées sur les rives des lagunes et les estuaires de quelques rivières. Les groupements sylvatiques de l'intérieur, jusqu'à la limite du secteur soudanien, sont divisés en **forêts et savanes marécageuses** des bordures lagunaires, en **forêts denses**, et en **savanes non climaciques** sur sol drainé.

La répartition des **forêts et savanes marécageuses** est liée à l'existence de certains grands bas-fonds de la Lagune EBRIE, où se sont produits récemment des colmatages alluvionnaires. Une végétation herbacée (ASSAGNY) ou forestière (AGNEBI) s'y est installée et il est probable qu'un certain mouvement de subsidence affectant ces régions assure l'enfouissement régulier sous le niveau lagunaire, de la matière organique non décomposée et entraîne la formation de tourbières plus ou moins profondes, typiques de cette région de basse Côte d'Ivoire. La « forêt à *Symphonia* » caractérise cette végétation marécageuse.

Selon G. MANGENOT, les **forêts denses** ou « **grandes forêts** » des **plateaux et plaines** de Côte d'Ivoire se divisent en deux groupes, dont la répartition est liée à des conditions pluviométriques et édaphiques : les **forêts à Uapaca** (pluviométrie $> 1\ 700$ mm) et les **forêts à Celtis** (pluviométrie $< 1\ 700$ mm).

Les **forêts à Uapaca**, distinguées également sous les noms de « rain forest », forêts ombrophiles ou forêts hygrophiles sont typiques des régions équatoriales les plus humides ; elles sont subdivisées en **forêts à Mapania** ou pélohygrophiles sur les sols les plus argileux et en **forêts à Turraeanthus** ou psammohygrophiles sur les sols sablonneux.

Les **forêts à Mapania** occupent la région Sud-Ouest de TABOUGRABO et la région centrale Sud et Sud-Est de GUITRY, YAPO, AZAGUIE, ABOISSO sur les sols sablo-argileux ou argileux issus de l'altération des schistes et des granites.

Les **forêts à Turraeanthus** sont localisées sur un substratum plus sableux constitué par la portion orientale de la bande sédimentaire des sables néogènes, recouvrant la région sublittorale de la Côte d'Ivoire, de COSROU à la frontière du Ghana. Ce groupement forestier paraît exister également en lambeaux isolés dans certaines régions granitiques du Centre et de l'Ouest où les conditions de milieu sont satisfaisantes ; en particulier dans des îlots où la pluviométrie est plus élevée et de l'ordre de $1\ 700$ mm (DIVO) et dans des régions très humides comprises entre CAVALLY et SASSANDRA.

Les **forêts à Celtis** ou « **forêts mésophiles** » désignées maintenant sous le nom de forêts denses semi-décidues sont caractéristiques d'un régime climatique tropical, sans pluviométrie excessive, ni sécheresse prolongée. Elles sollicitent une humidité modérée, stable, assurant « le maintien de nombreuses espèces communes avec les forêts hygrophiles et la réalisation d'un peuplement sylvatique **toujours vert** avec arbres géants et sous-bois ombrés ». (MANGENOT). Le climat est déterminant pour leur répartition : une pluviométrie annuelle de $1\ 300$ à $1\ 700$ mm est nécessaire ; une texture plus argileuse du sol semble cependant élargir ses limites aux dépens de la savane, vers des régions moins pluvieuses ($1\ 100$ mm). Les forêts à Celtis couvrent environ les deux tiers de la forêt ivoirienne. Elles sont subdivisées en trois zones à gradient d'humidité décroissante.

Une végétation très particulière est encore à signaler en zone forestière mésophile, puisqu'elle intéresse les premiers stades d'altération des granites : ce sont les végétaux herbacés et arbustifs colonisateurs des dômes granitiques ; ces associations pionnières se sont installées dans des fissures ou dans les vasques sommitales et ont été qualifiées par R. SCHNELL de « groupements rupicoles héliophiles ».

b) Les limites forêt-savane.

Le problème des savanes littorales et sublittorales très particulières

de la zone équatoriale et qui évoluent sur un substratum sableux d'origine sédimentaire, ne sera pas abordé. Leur origine paléoclimatique a pu être précisée en partie sur des observations botaniques (PORTERES) et pédologiques (LENEUF).

La limite septentrionale de la masse forestière ivoirienne dessine grossièrement un « V » dont la base est orientée suivant un axe BOUAKE-TOUMODI, en direction de TIASSALE, dans la zone centrale Sud du territoire (« V Baoulé »). Ainsi, entre cette limite et celle du secteur soudanien (parallèle TOUBA, KATIOLA, BONDOUKOU), définie surtout par les groupements de forêts claires et l'apparition du « Karité » (*Butyrospermum Parkii*), se trouve comprise une zone dite « des savanes baoulées », ou encore « zone préforestière » (AUBREVILLE) qui marque la transition entre les domaines soudanien (savanes et forêts claires) et guinéen forestier (forêts à *Celtis*). Cette région préforestière est constituée de trois groupements végétaux de base :

- les îlots forestiers occupant le sommet des plateaux (Forêt à *Celtis* typiques de zone III peu humide),
- les savanes arbustives claires, accompagnées fréquemment de peuplement de rôniers (Sud de TOUMODI),
- les galeries forestières le long des cours d'eau.

L'importance relative de ces formations est très variable suivant les conditions pluviométriques locales et les conditions édaphiques (influence des grands massifs de roches basiques). L'action de l'homme a été particulièrement destructive dans cette région très peuplée où d'importants îlots forestiers sont en voie de disparition. Enfin cette zone caractérise un domaine de transition, où les limites forêt-savane ont subi probablement de nombreuses fluctuations en relation avec les données climatiques anciennes et actuelles.

Nota : Pour la composition floristique de base de quelques-uns des groupements végétaux des forêts et savanes de la Basse et de la Moyenne Côte d'Ivoire, il sera utile de se reporter aux études de G. MANGENOT et J. MIEGE (Ref. p. 25-26, 29, 37-38, 45-46, 51, 60, 75).

DEUXIÈME PARTIE

LES FAITS

DEUXIÈME PARTIE

LES FAITS

GÉNÉRALITÉS

Le sol, matériau généralement meuble de la surface du globe terrestre, a été défini comme la résultante d'actions atmosphériques et biologiques sur les roches de substratum. La phase de transformation des minéraux primaires, qualifiée d'altération, « weathering » ou « katamorphism » aboutit à un maintien d'éléments résiduels non altérés et à la genèse d'argiles et d'hydroxydes qui seront les constituants minéraux du sol.

Les divers types d'altération du granite et des autres roches éruptives en général, en milieu tropical forestier, résultent des diverses modalités que peut revêtir le contact EAU-ROCHE.

L'eau est un agent de dissolution, d'hydratation, et favorise les phénomènes d'oxydation. La masse d'eau mise en présence de la roche est essentiellement conditionnée par la pluviométrie. En zone forestière tropicale, les pluies sont abondantes (1 400 à 2 500 mm en moyenne annuelle) ; elles sont discontinues dans le temps mais réparties sur un maximum de mois (10 au moins) ; elles ruissellent ou elles s'infiltrent :

1. Ruissellement discontinu sur un matériau nu, d'eau météorique qui assure : d'une part, une première phase d'altération chimique superficielle par solubilisation de certains éléments (Na, K, Mg, Ca, Si) ; d'autre part, l'évacuation des substances dissoutes et éventuellement l'arrachement des minéraux primitifs non altérés, mais dissociés de la roche-mère (surface des dômes et surfaces diaclasiques).

2. Infiltration et imprégnation diffuse dans la masse de la roche, conduisant à une phase d'altération chimique interne, mais n'assurant plus qu'une évacuation plus ou moins rapide des substances dissoutes (bases et silice) et le maintien sur place des minéraux résiduels (quartz, minéraux inaltérés) et des éléments de néoformation (hydroxydes et argiles). Les diverses modalités de l'altération par imprégnation résultent, en fait, de la rapidité d'évacuation des éléments dissous : tantôt nous aurons une stagnation de l'eau sous forme de nappe phréatique au contact d'une roche suffisamment imperméable (milieu hydromorphe permanent), tantôt nous aurons une humidification diffuse dans la roche sans localisation de nappe (hydromorphie tempo-

raire ou prolongée). La présence d'une nappe phréatique permanente n'entraîne pas obligatoirement une accumulation sur place d'éléments dissous. L'évacuation de ces derniers peut avoir lieu verticalement en profondeur, ou latéralement, suivant la direction de l'écoulement souterrain des eaux de nappe.

Deux autres facteurs peuvent être considérés comme intervenant dans les processus d'altération. Ce sont : la **température** et la **végétation**.

La **température** doit être considérée ici comme un **facteur constant**, conditionnant l'altération de type tropical. Sa valeur moyenne est de 24 à 26° en milieu souterrain, même à une profondeur de quelques centimètres. Les variations thermiques superficielles déjà très faibles sous couvert forestier, sont rapidement atténuées en profondeur. Sur les surfaces des dômes granitiques, de fortes amplitudes de température peuvent être enregistrées, par suite de l'insolation directe de la roche en période sèche ou humide, et accélérer l'altération chimique superficielle. Par contre, il a été prouvé que ces variations thermiques (minima de 15 à 17° — maxima de 60 à 70°) n'ont pas toute l'influence que l'on aurait supposée sur la dislocation en blocs ou écaillés — phénomène que l'on considérerait autrefois comme purement physique (BIROT).

La **végétation** naturelle est un facteur secondaire que nous pouvons considérer comme la résultante des 2 facteurs climatiques pluviométrie et température, sur un certain milieu édaphique. Son action ne conditionne pas le type d'altération des roches qu'elle recouvre. Elle n'intervient que pour en modifier certains faciès superficiels par une action physico-chimique directe de désagrégation et de solubilisation au niveau des racines, par une action chimique indirecte liée aux produits de décomposition de la matière organique (corps humiques acides), par une action protectrice contre l'insolation, la dessication et le ruissellement. En résumé, son action est plus importante du point de vue de la pédogénèse superficielle que du point de vue de l'altération de la roche sensu stricto.

Le jeu des deux facteurs EAU, TEMPÉRATURE, nous conduit à définir les conditions de base de plusieurs types d'altération.

- **Type I.** — Altération atmosphérique des roches granitiques nues, soumises à un écoulement discontinu d'eau météorique et à de fortes variations thermiques par suite de leur exposition directe à l'insolation.
- **Type II.** — Altération souterraine des roches granitiques nues, dans les diaclases où se produit un écoulement discontinu d'eau d'infiltration, et à température constante.
- **Type III.** — Altération souterraine massive, par imprégnation diffuse de la roche, avec ou sans nappe phréatique mais sans accumulation prolongée de produits dissous (milieu drainé) et à température constante.

— **Type IV.** — Altération souterraine massive, par imprégnation diffuse de la roche, avec maintien prolongé ou permanent d'une nappe phréatique plus riche en éléments dissous (milieu mal drainé) et à température constante.

Ces 4 types d'altération conduisent à une transformation progressive de la roche et à la constitution d'un **matériau minéral meuble**, sur lequel joueront les processus pédologiques superficiels dont l'intensité est en rapport étroit avec la zonalité climatique et les propriétés physico-chimiques de ce matériau : lessivage par les eaux d'infiltration, engorgement hydromorphique de surface ou de profondeur influençant les conditions oxydo-réductrices du milieu, constitution subordonnée de la matière organique superficielle sous l'influence des actions biologiques (microbiologie, faune du sol), remontée des éléments minéraux de profondeur par l'intermédiaire de la végétation, ruissellement et entraînement des matériaux superficiels par l'érosion.

Il nous a donc paru indispensable de dissocier la phase d'altération plus strictement minérale de la phase pédogénétique davantage liée à des actions climatiques et biologiques.

Dans un premier chapitre, nous étudierons successivement les quatre types d'altération sur des échantillons de profils choisis en milieu forestier ivoirien. Nous définirons la roche-mère du point de vue minéralogique par les examens en plaque mince au microscope polarisant. Nous essaierons de donner le maximum de documentation sur les produits de néoformation, les produits résiduels et les conditions d'altération.

Dans un deuxième chapitre, nous étudierons les grands types de sols formés sur les matériaux issus de l'altération, en fonction des conditions pédogénétiques.

Pour compléter ces généralités, nous avons jugé utile de donner des définitions très schématiques des principaux processus jouant dans l'altération des roches et la formation des sols tropicaux :

1° **Ferrallitisation ou latéritisation.**

Processus d'hydrolyse et d'oxydation assurant la transformation complète des minéraux silicatés primaires des roches en matériaux meubles profonds constitués d'argiles du groupe kaolinique et d'hydroxydes cristallisés : gibbsite et goethite, après élimination de la silice et des bases.

2° **Ferruginisation.**

Individualisation et oxydation du fer, par rapport au milieu silicaté primaire, permettant sa migration par lessivage, son accumulation par enrichissement relatif ou apport, et son induration sous forme de concrétions ou de cuirasses.

Le même processus peut jouer avec le manganèse, probablement l'alumine (bauxitisation), plus rarement avec le nickel, le cuivre...

Les possibilités différentes de migration de Fe, Al, Mn conditionnent l'enrichissement d'un matériau ferrallitique en l'un ou l'autre de ces constituants.

3° Hydromorphie.

Processus développé dans un milieu à drainage insuffisant où règne une imbibition prolongée ou permanente assurant un ensemble de conditions réductrices (gleyification). L'hydromorphie peut favoriser la constitution d'argiles montmorillonitiques sur des roches riches en éléments calco-magnésiens.

4° Lessivage.

Processus caractérisant une migration d'éléments en profondeur suivant des mouvements verticaux ou obliques, et contribuant à la genèse d'un horizon éluvial ou lessivé et d'un horizon illuvial plus profond où s'accumulent les produits de migration. Ces derniers peuvent être constitués de colloïdes dispersés ou de complexes pseudo-solubles.

5° Podzolisation.

Processus de décomposition du complexe argilo-humique sous l'influence d'un humus grossier assurant une individualisation d'hydroxydes de fer et secondairement d'alumine, ainsi que leur migration et leur accumulation dans l'horizon illuvial avec les acides humiques (sensu lato).

CHAPITRE PREMIER

LA PHASE D'ALTÉRATION MINÉRALE

A. — LES TYPES D'ALTÉRATION

Type I. — Altération atmosphérique des roches granitiques nues soumises à un écoulement discontinu d'eau météorique et à de fortes variations thermiques (15 à 60/70°) superficielles.

Les échantillons étudiés ont été prélevés sur deux dômes granitiques de la zone forestière centrale de la basse Côte d'Ivoire. Des observations complémentaires seront citées pour des régions plus septentrionales.

1. GRANITE DE BINAO

Dôme granitique situé à l'Est de la route TIASSALE-ABIDJAN (km 15 environ), au Nord du village de BINAO, exploité partiellement en carrière. Pluviométrie moyenne annuelle : 1 500 mm*. La roche saine n'est pas affleurante, mais a été dégagée par les travaux à quelques mètres de profondeur. La roche nue externe présente une zone d'altération d'épaisseur variable — quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres. Roche saine profonde et roche altérée de surface seront décrites successivement.

A) La roche saine profonde.

Roche de teinte claire (gris à gris bleuté) à grain fin, traversée de filons de pegmatite. L'observation en plaque mince au microscope polarisant montre la constitution suivante :

- Quartz
- Oligoclase
- Microcline
- Muscovite
- Biotite
- Apatite

Structure grano-lépidoblastique à engrenée. La roche a été considérée comme une migmatite, calco-alcaline à 2 micas.

*) Par suite de la faible densité des postes de mesures, la pluviométrie annuelle est évaluée fréquemment d'après l'esquisse schématique des isohyètes du Service météorologique de la Côte-d'Ivoire.

Les filons de pegmatite examinés sur une autre plaque mince sont formés essentiellement de **plagioclase** et de **quartz**. Le microcline est rare, ainsi que les chlorites et la biotite. Par contre l'apatite y est fréquente et bien cristallisée (visible à l'œil nu). Les grenats sont abondants. La muscovite est très rare, en petites plages.

B) La roche altérée.

La roche altérée se débite assez facilement de la masse du dôme, en blocs ayant deux faces parallèles dont l'une correspond à la face externe aérienne. Vus en coupe, ces échantillons, épais de 4 à 5 cm, présentent les caractères suivants de l'extérieur à l'intérieur :

a) une pellicule noirâtre et violacée de un à quelques dixièmes de millimètres d'épaisseur, constituée de lichens ;

b) un horizon blanchâtre sous-jacent de quelques dixièmes de millimètres également ;

c) un horizon brun jaunâtre épais de 5 à 20 mm — fortement teinté vers l'extérieur et dont la couleur se dégrade vers l'intérieur — dans lequel nous reconnaissons facilement à la loupe le quartz, la muscovite et un matériau opaque brun-jaunâtre et grisâtre où les clivages de feldspaths sont encore reconnaissables. Cet horizon a tendance à se débiter en fines lamelles parallèles à la surface et très friables au doigt ;

d) un horizon blanchi mat où le quartz et la muscovite sont reconnaissables et apparemment intacts, tandis que les feldspaths, d'aspect originel gris bleuté et brillant, sont blancs et friables. Cet horizon peut être assez épais (3 à 10 cm) jusqu'à la surface de décollement de la masse rocheuse. En profondeur, le faciès altéré disparaît progressivement.

L'examen d'une plaque mince au microscope polarisant taillée perpendiculairement à ces différents horizons montre les caractères suivants : de nombreuses fissures ont disloqué les cristaux de quartz, microcline et oligoclase ; parmi ces derniers, seuls quelques-uns sont fortement séricitisés. Les oxydes de fer, peu denses, garnissent les fissures, sans être plus particulièrement concentrés autour des éléments de biotite.

Des déterminations complémentaires aux Rayons X et à l'analyse thermique différentielle ont permis d'identifier les minéraux de néoformation et les minéraux résiduels. Ces déterminations sont résumées ci-dessous, elles ont porté sur la zone altérée externe de teinte brun-jaunâtre et sur la zone altérée interne blanchie.

B. 1) ZONE ALTÉRÉE INTERNE BLANCHIE.

— Mesure du pH : 6,1.

— Les examens aux Rayons X et par l'analyse thermique ont porté sur la roche totale broyée et sur deux fractions extraites par dispersion au pyrophosphate de Na et sédimentation, l'une < 20 μ (limon + argile), l'autre < 2 μ (argile).

— **Roche totale :**

● *Etude aux Rayons X.*

Quartz : 4,27 - 3,33.

Muscovite : 10,04 - 4,99.

Microcline : 3,23.

Oligoclase : 4,02 - 3,19.

— **Fraction < 20 μ :**

● *Etude aux Rayons X.*

Produit kaolinique : 7,19.

Quartz : 4,24 - 3,33.

Muscovite : 10,02 - 4,99.

Microcline : peu visible.

Oligoclase : 4,02 - 3,19.

● *Analyse thermique différentielle.*

Elle confirme la présence d'un produit kaolinique (crochet endothermique à 500-520°, crochet exothermique à 960°) et du quartz (crochet endothermique à 576°) ; elle indique l'existence de **gibbsite** (crochet endothermique à 305°) et de gels d'hydroxydes (crochet exothermique à 350°)(*).

— **Fraction < 2 μ :**

● *Etude aux Rayons X.*

Produit kaolinique : 7,22.

Gibbsite : 4,83.

Quartz : 4,25 - 3,34.

Muscovite : 10,1 - 4,99.

Microcline : 3,23 peu visible.

Oligoclase : 4,03 - 3,18.

● *Analyse thermique différentielle.*

Elle confirme la présence de kaolinite (crochet endothermique à 524° et crochet exothermique à 970°), de gibbsite (crochet endothermique à 305°) ; elle indique la présence de gels d'hydroxydes (crochet exothermique à 350°).

(*) Les hydroxydes peuvent se présenter sous des formes amorphes dont l'état d'hydratation est extrêmement variable ; ils sont alors qualifiés de **gels**. Leur existence est décelée sur les courbes d'analyse thermique différentielle par un crochet exothermique à 350°. La nature alumineuse ou ferrique des gels est vérifiée après avoir opéré une déferfification de l'échantillon à l'hypo-sulfite de Na.

B. 2) ZONE ALTÉRÉE EXTERNE BRUN-JAUNE.

— Mesure du pH : 5,9.

— Roche totale :

● *Etude aux Rayons X.*

Kaolinite : 7,12 (traces).

Quartz : 3,33 - 4,24.

Muscovite : 10,04.

Microcline : 3,23.

Oligoclase : 4,02 - 3,19.

— **Fraction** < 20 μ :● *Etude aux Rayons X.*

Produit kaolinique : 7,22.

Gibbsite : 4,83, crochet faible, traces.

Quartz : 4,24 - 3,33.

Muscovite : 10,05.

Oligoclase : 4,01 - 3,19.

Elle confirme la présence de kaolinite et indique l'existence de gels d'hydroxydes, avec des crochets identiques à ceux de la fraction argileuse, mais moins intenses. Après déferriification de cette fraction, le crochet exothermique à 380° disparaît partiellement et fait apparaître plus visiblement un faible crochet endothermique de gibbsite vers 304°. A l'origine, les gels sont donc constitués d'un mélange d'hydroxydes de Fe et d'Al.

— **Fraction** < 2 μ :● *Etude aux Rayons X.*

Produit kaolinique : 7,22.

Gibbsite : 4,85.

Quartz : 4,24 - 3,34.

Muscovite : 10,07 - 4,99.

Microcline : 3,23.

Oligoclase : 4,01 - 3,19.

● *Analyse thermique différentielle.*

Elle confirme la présence de kaolinite (crochet endothermique vers 500°), de quartz (léger crochet endothermique à 570°) et elle indique la présence de gels d'hydroxydes (crochet exothermique fort étalé entre 300 et 450°).

Conclusion

Le prélèvement de roche altérée a été fait sur une pente convexe où les eaux de pluies ruissellent sans aucune possibilité de stagnation

temporaire. Or l'aspect interne de la roche montre que l'altération est déjà profonde et que son humification se produit non seulement d'une manière temporaire en surface, mais dans la masse granitique même, grâce à des diaclases microscopiques dont le réseau s'élargit à mesure que progresse l'altération en profondeur.

Au microscope polarisant, la séricitisation de l'oligoclase et sa dislocation par de fines diaclases où s'accumulent quelques oxydes de fer (zone brun-jaune externe) se révèlent les faits marquants de la zone altérée.

Le diagnostic qualitatif (Rayons X et analyse thermique) indique que la fraction argileuse de la zone blanche interne est constituée en faible partie de minéraux primitifs de la roche (quartz, muscovite et oligoclase) mais aussi de minéraux de néoformation : **gibbsite**, **kaolinite** et gels d'hydroxydes de Fe et d'Al. La zone brun-jaune externe est constituée des mêmes minéraux résiduels et en particulier d'oligoclase, et de minéraux de néoformation (gibbsite, kaolinite et gels d'hydroxydes), mais la proportion de gels a augmenté et se manifeste par un crochet exothermique plus intense à l'analyse thermique différentielle.

En résumé, ce stade **primaire** d'altération d'une roche granitique nue, aboutit déjà à la synthèse d'une argile de type kaolinique et à l'apparition d'hydroxydes cristallisés dits « latéritiques », comme la gibbsite (LACROIX).

2. GRANITE DE BRAFOUÉDI

Situé à l'Est du village de BÉCÉDI (km 75 de la route ABIDJAN-TIASSALE) et près du village de BRAFOUÉDI, le dôme granitique domine la pénéplaine environnante d'une altitude relative de plus de 50 m. Il est plus important que celui de BINAÛ et bien dégagé sur son sommet.

La pluviométrie locale peut être évaluée à 1 500-1 800 mm.

Nous donnerons, ci-après, la description morphologique d'une plaque de granite altéré du sommet et un aperçu des phénomènes géomorphologiques (microrelief) résultant de l'action de l'eau météorique sur la roche. Les analyses physico-chimiques pour l'identification des produits d'altération ont été effectués sur un prélèvement d'échantillons du pied de la montagne, en milieu souterrain, et seront citées lors de l'examen de l'altération du type III.

A) La roche saine.

En plaque mince, au microscope polarisant, nous avons reconnu cette roche comme un granite **calco-alkalin** à **biotite** et **muscovite**. Les principaux minéraux identifiés sont :

- Quartz.
- Oligoclase séricitisé.
- Microcline.
- Muscovite.
- Chlorite et biotite.
- Epidote.
- Zoïsité.

Structure grenue à plagioclase automorphe.

B) Morphologie de l'altération superficielle.

a) LA ROCHE.

L'état actuel d'altération de la surface de la roche ne peut s'observer en coupe que dans les plaquettes de desquamation, qui se détachent d'ailleurs difficilement au marteau. Ces plaquettes, épaisses seulement de 2 à 3 cm, présentent les caractères suivants, de l'extérieur à l'intérieur :

- 1) Une pellicule noirâtre et violacée de lichens recouvrant uniformément une surface granuleuse irrégulière.
- 2) Un cortex de teinte brun jaunâtre très clair, peu friable, épais de quelques millimètres, avec feldspaths « blanchis ».
- 3) Un horizon épais de 5 à 10 mm environ avec feldspaths et plagioclases blanchis.
- 4) Un horizon, de roche apparemment saine, épais de 10 mm environ.
- 5) Un horizon épais de 1 à 2 mm avec feldspaths blanchis, formant la limite à la surface interne de décollement. Nous retrouvons donc les mêmes caractères de blanchiment des feldspaths et de ferrugini-sation externe, de la roche saine à la couche de lichens, mais sur une épaisseur plus faible. Cependant un blanchiment des feldspaths et plagioclases, sous-jacent à la roche saine, est observé sur la face interne de la plaquette de granite. L'altération semble donc se propager suivant une diaclase microscopique « courbe » (BIROT-DRESCH) parallèle à la surface du dôme ; elle favoriserait le phénomène ultérieur de desquamation.

L'observation de cette coupe, en plaque mince au microscope polarisant, a permis de préciser les observations suivantes : les plagioclases sont très séricitisés, surtout à proximité de la zone externe de la roche ; ils sont disloqués par des réseaux de fissures suivant les plans de clivage ou perpendiculaires à ces directions ; ils sont fréquemment entourés d'un liseré rouille. Quelques cristaux très altérés montrent une concentration d'oxydes de fer dans leur zone centrale ; ces cristaux se rencontrent seulement vers la zone externe de la roche. Dans la zone interne, nous n'observons plus qu'une propagation fissurale des oxydes de fer qui s'atténue progressivement. Des taches ferrugineuses sont fréquentes autour des chlorites et des allanites, surtout dans la bordure externe de la roche.

b) *Le RELIEF.*

Il nous a paru utile de citer à propos de ce dôme de BRAFOUÉDI les manifestations géomorphologiques résultant de l'action de l'eau, par suite de leur aspect très spectaculaire.

Le sommet du dôme, qui présente une zone horizontale assez vaste est parsemé de nombreuses vasques où stagnent les eaux de pluies (photo 4). Le diamètre de ces vasques peut atteindre de un à plusieurs mètres ; elles sont profondes de 0,20 m à 1 m et peuvent se vider partiellement par des canaux encaissés qui se dirigent dans le sens de la plus grande pente, suivant un écoulement naturel, presque jusqu'à la base des affleurements granitiques où ils s'évasent et deviennent moins profonds (photos 5 et 6). Le bord des vasques est arrondi, mais dans les cuvettes les plus profondes, il forme un léger surplomb (voir photo 7).

La formation de ces vasques résulte d'une stagnation prolongée de l'eau de pluie sur une surface donnée où elle assure une altération plus rapide de la roche sous-jacente.

L'humidification de cette dernière est plus profonde et plus longue ; la température de l'eau extérieure peut atteindre des valeurs assez élevées par suite de l'exposition directe à l'insolation. La proportion des éléments dissous (bases et silice) est plus élevée que sur les pentes où l'action de l'eau réduite à un simple ruissellement, limite l'altération. L'existence d'un surplomb, dans les vasques ouvertes les plus profondes, confirme un processus d'altération plus actif dans le fonds que sur les bords pédologiquement plus secs. La cote du surplomb est d'ailleurs sensiblement au niveau de la cote d'amorçage du canal d'évacuation.

Les éléments dissous et les éléments désagrégés sont évacués lors des fortes chutes de pluies provoquant un débordement des eaux de vasques.

Le fond de celles-ci est en général occupé par un matériau grossier arénacé et de la matière organique noire finement polyédrique, d'origine lichénique. De la végétation a pu cependant s'y installer et l'inventaire de la flore d'une vasque de BRAFOUÉDI sera cité lors de la description des sols.

A BRAFOUÉDI, notre excursion ayant été postérieure à des pluies récentes, nous avons mesuré sur place le pH des eaux de vasques, et des prélèvements furent effectués pour analyses. Nous avons obtenu les résultats suivants :

N° Echantillons	pH	Ca en p.p.m.	Mg en p.p.m.	K en p.p.m.	Na en p.p.m.	Si en p.p.m.	Fe en p.p.m.
1.....	6	2,2	n.d.	0,6	n.d.	2,0	0,06
2.....	6	5,9	n.d.	1,8	0,8	1,7	0,12
3.....	5,5	5,9	n.d.	2,4	1,2	2,7	0,17
4.....	8	5,9	n.d.	2,4	0,9	4,7	0,07
n.d. (non dosable).							

R/ : absence totale des anions Cl et SO⁴, comme dans toutes les eaux de suintement ou de nappes des régions granitiques.

(1 et 2) = eaux de vasques sans végétation (sommet).

(3) = eau de vasque avec végétation et accumulation organique.

(4) = eau de flaue (carrière) avec développement d'algues vertes.

Ces résultats montrent que les eaux de pluies accumulées temporairement dans les vasques sont déjà minéralisées, mais faiblement et qu'un entraînement de la silice et des bases se produit grâce à leur action. Il aurait été utile de mesurer les variations de la composition chimique de ces eaux en fonction de leur temps de stagnation avant l'arrivée d'une autre pluie.

Nous verrons cependant, lors de la description d'un autre dôme granitique que la minéralisation peut être plus importante (NIANGBO).

A BRAFOUÉDI, les variations de pH (5,5 à 8) peuvent être mises en relation avec la présence d'une matière organique en voie de décomposition (pH : 5,5) et un développement d'algues vertes (pH : 8). La présence d'acides humiques assure d'ailleurs une meilleure solubilisation du fer.

Sur le versant Ouest, une autre particularité morphologique se manifeste sur la pente où nous observons des rainures parallèles entre elles, perpendiculaires au sens de la pente et profondes de un à plusieurs centimètres. Les deux bords de la rainure sont arrondis, se resserrant rapidement.

Ce creusement privilégié, absolument rectiligne, trouverait son origine dans une dissolution de la calcite qui tapisse la plupart des diaclases de ce granite. Ces diaclases sont nombreuses et ont pu être mises en évidence dans l'éclatement de la masse granitique compacte de la carrière de BRAFOUÉDI (voir photo 8). Ce phénomène de creusement par une véritable dissolution est à l'origine d'un faciès particulier de vasques creusées dans le granite. A l'extrémité de quelques-unes de ces

rainures, il se constitue de petites poches hémisphériques où stagnent les eaux de pluie et où se développe en profondeur une altération identique à celle des vasques du sommet. Nous avons observé l'une de ces cavités ayant un diamètre de 50 cm environ, formée au point de jonction de deux diaclasses perpendiculaires (voir photo 9). Les matériaux désagrégés par l'altération sont déblayés par l'action mécanique des pluies.

3. AUTRES GRANITES

Dans la région forestière d'ISSIA, un dôme important de granite calco-alkalin présente les mêmes caractères de relief avec vasques et canaux encaissés d'évacuation des eaux de débordement et de ruissellement.

Dans la région Nord de KATIOLA, le dôme de NIANGBO*, l'un des plus importants de Côte d'Ivoire (altitude 643 m, dénivellation de 350 m par rapport à la pénéplaine environnante), présente à son sommet une série de larges vasques peu profondes (10 à 20 cm) partiellement remplies d'eaux de pluie (fin juillet 1957). Les canaux d'évacuation de ces vasques sont peu encaissés dans la roche et leur profil transversal est très évasé. Les conditions météorologiques sont nettement moins humides puisque nous sommes déjà en zone soudano-guinéenne avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1 200 mm environ, répartie pratiquement en une seule saison pluvieuse opposée à une saison sèche très accentuée.

Le granite de la vasque est recouvert d'une pellicule lichénique comme le granite extérieur, mais sa surface est beaucoup plus granuleuse que sur les pentes où les eaux ruissellent sans stagnation, observation traduisant une désagrégation plus active sous l'influence de l'eau (voir photos 11 et 12).

Un prélèvement d'eau fait dans la vasque du sommet a montré les caractères analytiques suivants :

pH	Ca	Mg	K	Na	Si	Fe	CE
5,9	0,5 p.p.m.	< 0,4 p.p.m.	3,2 p.p.m.	12,4 ₁ p.p.m.	1,3 p.p.m.	0,04 p.p.m.	0,051 millimhos

L'examen d'une plaque mince, taillée perpendiculairement à la surface d'une plaquette granitique décollée de la masse, a permis de faire les observations suivantes :

- Roche à structure grenue engrenée.
- Quartz, disloqué par des réseaux de fissures irrégulières, suivant grossièrement une même direction.
- Plagioclases en général peu séricitisés, surtout sur la bordure externe de la roche ; entourés d'un liseré rouille ; quelques-uns très altérés ont subi une imprégnation diffuse des oxydes de fer.

(*) Prélèvement non compris dans la carte d'ensemble de la zone forestière.

— Chlorite de type pennine, très polychroïque, avec diffusion externe d'oxydes de fer.

— Muscovite très fréquemment associée à la Chlorite, entourée d'un liseré ferrugineux.

— Apatite.

L'altération des granites nus des dômes s'effectue superficiellement ou parfois profondément dans la masse, suivant les possibilités d'imprégnation de la roche par l'eau ; ces possibilités semblent varier en fonction de la stagnation plus ou moins prolongée de l'eau, sur place (vasques des sommets) ou de l'importance de son passage (canaux d'évacuation des vasques), en fonction également de la structure même de la roche. A BINAÛ, la migmatite calco-alkaline à structure grano-lépidoblastique présente une altération plus profonde que le granite calco-alkalin de BRAFOUÉDI à structure grenue, dans des conditions topographiques et climatiques très voisines.

Le ruissellement empêche généralement tout stockage sur place d'un matériau meuble sur lequel pourraient s'établir des processus de type pédologique. Les éléments résiduels désagrégés et les éléments de néoformation sont entraînés au bas des pentes, s'y accumulent à des distances plus ou moins importantes pour y constituer des « arènes » de colluvions sableuses grossières.

— **Type II. — Altération souterraine des roches granitiques, sur les surfaces diaclasiqes où se produit un écoulement discontinu d'eau d'infiltration et où règne une température constante.**

Ce type d'altération a été étudié sur trois échantillons prélevés dans des carrières où un éclatement important de la masse granitique a permis de faire des observations profondes de la roche in situ, hors de l'influence des facteurs superficiels.

1. **MACENTA***. — Prélèvement effectué dans une tranchée routière de MACENTA à KISSIDOUYOU, au km 10, en Guinée forestière.
2. **PASCAL***. — Prélèvement effectué dans la carrière PASCAL au Sud de FERKESSÉDOYOU, sur la route de BOUAKÉ (km 14).
3. **AYAME**. — Prélèvement effectué dans la carrière d'extraction des matériaux du barrage de la BIA, au Nord d'ABOISSO.

(*) Prélèvement non compris dans la carte d'ensemble de la zone forestière.

1. PRÉLÈVEMENT MACENTA

- Zone forestière orientale de la Guinée.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1 800 à 2 500 mm.
- Roche-mère : granite typique.

Le prélèvement a été effectué sur un sommet de butte, dans la tranchée routière où apparaissent en coupe d'énormes masses granitiques sur 4 à 6 m de profondeur ; des diaclases verticales et obliques de plusieurs centimètres de large traversent le massif et isolent toute une série de blocs, de quelques décimètres cubes à plusieurs mètres cubes. Des eaux d'infiltration suintent et s'écoulent sur les surfaces diaclasiques pour s'assembler en une véritable source dans le fossé de la route. Un prélèvement effectué dans ces suintements montre que ces eaux sont très faiblement minéralisées, mais qu'elles exportent cependant une quantité appréciable de silice.

pH	Ca	Mg	K	Na	Si
6,4	2,2	0	0,6	0	6,0

Résultats exprimés en p.p.m.

La surface extérieure de la roche est irrégulière, granuleuse, avec de nombreuses excavations de quelques millimètres de diamètre, marquant l'emplacement de gros cristaux ; elle montre à l'œil nu des grains de quartz légèrement ferruginisé, des feldspaths gris blanchâtre et une matière terreuse de teinte jaunâtre.

Les blocs éclatés par les travaux révèlent en coupe les faciès suivants, de l'intérieur à l'extérieur :

- A. — La roche saine massive très dure, macroscopiquement inaltérée.
- B. — Une zone blanchâtre, épaisse de 1 à 10 mm environ, nettement séparée de la roche saine par un petit liseré ferrugineux brun-rouge et par de fines diaclases courbes parallèles à la surface externe de la roche.
- C. — Un cortex ocre-jaunâtre clair (B. 68) (*) devenant plus brun vers l'extérieur (E. 58), épais de 5 mm environ.

Etude des échantillons

A. La roche saine.

Elle apparaît comme un granite à tendance porphyrique avec de gros éléments feldspathiques rosés et gris présentant de belles faces brillantes de clivage.

(*) Nota. — Les références de couleurs ont été choisies dans le Code Expolaire de A. CAILLEUX et G. TAYLOR.

L'examen de la roche en plaque mince au microscope polarisant a permis d'identifier les minéraux suivants :

- Quartz.
- Plagioclases séricitisés.
- Microcline.
- Chlorite de type Pennine.
- Muscovite rare.
- Apatite.
- Epidote rare.
- Calcite, rare dans les plagioclases.

D'après J. de LAPPARENT, la proportion des minéraux est la suivante : mica : 8, oligoclase : 43, microcline : 13, quartz : 36.

● *L'étude aux Rayons X* faite sur la poudre de roche obtenue par broyage, identifie les minéraux suivants :

Quartz : 4,24 - 3,33.

Oligoclase : 4,03 - 3,18.

Chlorite : 14,2 - 7,07 - 3,52.

Mica : 10,05.

Microcline : non visible par suite de l'intensité des raies de l'oligoclase (3,18).

B) La zone blanchâtre.

A l'œil nu, cette zone montre des feldspaths rosés inaltérés, des feldspaths ou plagioclases d'un blanc mat, peu friables, du quartz.

La roche est dure, mais par endroits elle a tendance à se débiter en plaquettes grossièrement parallèles à la face externe.

Un examen en lame mince de la limite roche saine — cortex blanc et jaune indique une imprégnation d'oxydes de fer le long des fissures et dans les plagioclases externes les plus altérés ; un liseré brun-foncé autour des chlorites. Le quartz est légèrement fissuré sur la bordure de la roche.

- **Mesures du pH** : 6,05 : sur roche broyée.

- **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Chlorite : 14,4 - 7,1.

Mica : 10,1.

Quartz : 4,23 - 3,33.

Oligoclase : 4,02 - 3,18.

C) Le Cortex jaune externe.

Feldspaths et plagioclases sont très altérés, soit à un stade de blanchiment lorsque le minéral a perdu sa couleur grise ou rose brillante

pour un blanc mat, mais avec des faces de clivage encore reconnaissables ; soit à un stade « terreux » lorsqu'il ne subsiste plus, à l'emplacement du minéral, qu'un matériau jaunâtre friable, finement limoneux.

— **Mesure du pH : 5,4** sur roche broyée.

● *Etudes aux Rayons X.*

Elle a porté sur une poudre de roche et deux fractions limon et argile extraites après broyage modéré et dispersion au pyrophosphate de Na.

— **Roche totale :**

Gibbsite : 4,85.
Mica ou Illite : 10,7.
Chlorite : 14,4 - 7,12 (intense).
Quartz : 4,26 - 3,34.
Oligoclase : 3,19.
Microcline : 3,23.

— **Fraction $< 20 \mu$:**

Produit kaolinique (probable) : 7,16 - 3,56.
Gibbsite : 4,83.
Gœthite : 4,12 - 2,66 (faible).
Mica ou Illite : 10,05 - 4,97.
Chlorite : 13,9 - 7,16, 3,52.
Quartz : 4,24 - 3,33.
Oligoclase : 4,03 - 3,18.

— **Fraction $< 2 \mu$:**

Produit kaolinique : 7,24 - 3,54.
Gibbsite : 4,83.
Gœthite : 4,12 - 2,65.
Mica ou Illite : 10,2 - 3,33.
Chlorite : à peine visible vers 14-15 Å.
Quartz : 3,34.
Oligoclase : 3,18.

Dans la fraction $< 20 \mu$, la courbe d'analyse thermique montre un crochet endothermique à 520° (mélange probable kaolinite - chlorite?) mais sans crochet exothermique à 980°, un crochet endothermique vers 304° (gibbsite), un fort crochet exothermique à 350° (gels d'hydroxydes) et le crochet endothermique du quartz à 756°. Après déferri-fication, le crochet exothermique à 350° disparaît presque en totalité ; les gels d'hydroxydes sont donc en majorité d'origine ferrugineuse.

Conclusion

Dans les diaclasses souterraines la couche d'altération de ce granite est limitée à une faible épaisseur et présente un contact assez brutal avec la roche saine.

Quartz, oligoclase, chlorite et mica subissent une division suffisamment avancée dans la zone de blanchiment pour se manifester dans la fraction $< 2 \mu$, mais aucun produit de néoformation n'apparaît à ce stade de l'altération. Le microcline est plus résistant et ne s'identifie que dans la fraction colloïdale de la zone jaune externe, avec les minéraux déjà cités.

Les produits de néoformation (argiles et hydroxydes) sont identifiés seulement dans le cortex jaune externe et sont constitués d'un produit kaolinique du type « fire-clay », de gibbsite, d'un peu de goëthite et de gels ferriques.

Le matériau résiduel issu de l'altération est entraîné en partie par les eaux de ruissellement qui s'infiltrent dans les diaclasses relativement proches de la surface, lors des grandes pluies, ce qui explique, en partie, la faible épaisseur de la couche d'altération érodée au fur et à mesure de sa formation, et l'élargissement très net des diaclasses, phénomène qui aboutit à la création de vides souterrains.

2. PRÉLÈVEMENT PASCAL

- Zone des savanes soudano-guinéennes Nord de la Côte d'Ivoire.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1 000 à 1 400 mm.
- Roche-mère : migmatite.

Le prélèvement a été effectué dans une carrière exploitant un dôme rocheux, sur un front haut d'une dizaine de mètres. Sur ce front de carrière, apparaissent divers faciès d'altération. Comme pour la migmatite de BINAQ, nous assistons à un blanchiment massif et profond de la roche, tandis que le long des diaclasses, un cortex jaunâtre de 5 à 10 mm recouvre cette zone blanchie. Les prélèvements ont été effectués dans ce matériau altéré ainsi que sur des blocs de roche saine provenant des points d'extraction les plus profonds de la carrière. Nous étudierons successivement les trois échantillons ainsi prélevés.

A) Roche saine.

Roche d'aspect gneissique, de teinte gris-bleuté, avec lits parallèles de micas. Le dôme est traversé de nombreux filons de pegmatite à gros éléments de feldspaths et micas.

L'examen en plaque mince montre une structure granoblastique à engrenée et permet d'identifier les minéraux suivants :

- Quartz.
- Plagioclases.
- Microcline.
- Muscovite.
- Biotite avec quelques zircons.
- Apatite.
- Un peu de Myrmékite.

B) Roche blanchie.

Elle se présente en blocs compacts où les feldspaths et les plagioclases ont acquis une structure friable, une teinte blanc mat avec des plages jaunâtres diffuses, à proximité du quartz.

L'examen en plaque mince montre des plagioclases peu séricitisés mais finement disloqués par un réseau de fissures.

A la limite du cortex jaunâtre, l'imprégnation fissurale par les oxydes de fer est surtout importante à proximité de la biotite.

— **Mesure du pH : 7,4** sur roche broyée.

● *Etude aux Rayons X.*

Elle a porté sur la poudre de roche, et sur les fractions limon et argile extraites après un broyage modéré et une dispersion au pyrophosphate de Na.

— **Roche totale :**

Quartz : 4,25 - 3,33.
 Microcline : 3,23.
 Oligoclase : 4,03 - 3,19.
 Mica (Muscovite) : 10,05 - 5,0.

— **Fraction < 20 μ :**

Produit kaolinique : 7,20.
 Quartz : 4,24 - 3,34.
 Microcline : 3,23.
 Oligoclase : 4,02 - 3,19.
 Mica (Muscovite) : 10,10 - 4,99.

— **Fraction < 2 μ :**

Produit kaolinique : 7,24.
 Quartz : 4,24 - 3,34.
 Microcline : 3,23 (faible).
 Oligoclase : 4,03 - 3,19.
 Mica (Muscovite) : 10,1 - 4,99.

La courbe d'analyse thermique différentielle confirme la présence de Kaolinite (crochet endothermique à 550° et crochet exothermique

à 980°) et indique l'existence de gels d'hydroxydes (crochet exothermique à 350°).

C) Cortex jaunâtre.

La surface externe, de teinte gris-beige, est granuleuse et irrégulière comme dans le granite de Macenta. Des excavations de quelques millimètres de diamètre marquent l'emplacement de minéraux dégagés par l'altération. Des plaquettes brillantes de muscovite et des grains de quartz restent fréquemment en relief, en petites crêtes parallèles.

En coupe, apparaît une masse terreuse ocre-jaune (D. 56) ou brune (E. 46), d'une épaisseur de 3 à 5 mm et nettement séparée de la roche blanchie sous-jacente. Des lits de muscovite traversent cette zone jaune sans présenter d'altération visible, mais seulement un morcellement et une exfoliation des plaquettes affleurant à l'extérieur.

— **Mesure du pH** : 6,2 sur roche broyée.

— **Roche totale** :

● *Etude aux Rayons X.*

Quartz : 4,24 - 3,33.

Microcline : 3,23.

Muscovite : 10,06 - 4,99.

— **Fraction** < 20 μ :

Produit kaolinique : 7,32 à 7,12 (très faible).

Gibbsite : 4,85 (faible).

Goethite : 4,15 - 2,42 - 2,67.

Quartz : 4,24 - 3,33.

Microcline : 3,23.

Muscovite : 10,06 - 4,99.

— **Fraction** < 2 μ :

Produit kaolinique : 7,20 - 3,55.

Gibbsite : 4,87.

Goethite : 4,15 - 2,65 - 2,42.

Quartz : 3,33.

L'analyse thermique différentielle confirme la présence de kaolinite (crochet endothermique à 530°), de gibbsite (crochet exothermique à 306°), de quartz (crochet exothermique à 576°), elle indique la présence de gels d'hydroxydes (crochet exothermique à 350°). Après défermentation, le crochet exothermique à 350° se maintient presque en entier, fait indiquant que les gels d'hydroxydes sont alumineux.

Une analyse thermique différentielle a été effectuée sur la fraction limon (< 20 μ). Elle a confirmé la présence d'un produit kaolinique (crochet endothermique à 520°, et crochet exothermique à 970°, légère-

ment amorcé), de gibbsite (crochet endothermique à 304°) et de goethite (palier à 330°) ; elle indique la présence de gels d'hydroxydes (crochet exothermique à 350°).

Conclusions

De l'analyse de ces échantillons nous pouvons dégager les faits suivants :

1° Sous des conditions pluviométriques plus faibles, nous obtenons le long des diaclases souterraines, une altération comparable à celle des régions plus humides (MACENTA), et dont les produits de néoformation sont, dans les deux cas, une argile du groupe kaolinique, de la gibbsite et de la goethite dans le cortex jaunâtre.

2° Une certaine analogie dans le blanchiment massif et profond des migmatites (BINAQ et PASCAL) alors que les granites typiquement grenus de MACENTA et de BRAFOUÉDI présentent une zone blanchie très réduite en épaisseur, dans des conditions identiques d'altération (surface des dômes ou diaclases souterraines). Le blanchiment est caractérisé essentiellement dans cet échantillon par la division microscopique de feldspaths et plagioclases déjà séricitisés et par l'apparition d'un pr puit kaolinique.

3. PRÉLÈVEMENT AYAMÉ (PROFIL 9)

- Zone forestière orientale de la basse Côte d'Ivoire.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1 800 à 2 000 mm.
- Roche-mère : granite calco-alcalin.

L'éclatement d'un dôme granitique par les travaux de la carrière a mis à jour une coupe de plus de 12 m de profondeur (secteur haut de la carrière). Cette coupe fait apparaître de grandes diaclases obliques disloquant la masse rocheuse en énormes blocs prismatiques (voir photo 13). La propagation de l'altération est très visible le long des diaclases : elle est limitée à des phénomènes de surface, ou étendue massivement suivant des stades variables, à des blocs granitiques, complètement isolés du ciel de la carrière où affleure surtout le granite sain. Un réseau de diaclases superficielles entre les blocs facilite la pénétration de l'eau météorique et l'infiltration en profondeur.

Des échantillons ont été prélevés à plusieurs stades de l'altération, sur une roche massive de plus en plus altérée, à une profondeur de 10 m environ. Ce sont :

- A. 1. — La roche saine profonde.
- 2. — Cortex d'altération diaclasique sur roche saine.
- B. 1. — Roche blanchie massive compacte.
- 2. — Cortex rouille entourant cette roche.

C. 1. — Roche blanchie massive friable.

2. — Cortex jaunâtre (a) et brun-rouge (b) entourant cette roche.

D. 1. — Argile tachetée issue de l'altération de ces blocs.

Une zone importante d'argile tachetée s'est en effet constituée entre les blocs, là où l'altération a été la plus intense.

Etude des échantillons

A.1) La roche saine.

Roche de teinte gris-clair parsemée de points gris-noir légèrement vert (éléments micacés), à structure grenue grossière dans laquelle quartz et feldspaths sont facilement reconnaissables ; les faces classiques de la roche présentent fréquemment des cristallisations de pyrite. L'examen en plaque mince confirme la structure grenue cloisonnée de cette roche et permet d'identifier les minéraux suivants :

- Quartz.
- Plagioclases fortement séricitisés.
- Microcline.
- Chlorite.
- Sphène.
- Epidote assez rare.
- Calcite.

A.2) Cortex d'altération sur roche saine.

En coupe, ce cortex présente une épaisseur de 5 à 15 mm ; il est nettement séparé de la roche saine par un petit liseré brun-rouille ferrugineux ; il est constitué d'une masse terreuse dont la teinte ocre beige clair devient de plus en plus ocre jaune vers l'extérieur et d'éléments granuleux de quartz légèrement ferruginisé. La surface extérieure est très irrégulière, très tourmentée, avec de nombreuses excavations de quelques millimètres à plus de 10 mm de diamètre. Il n'y a pas de zone blanchie de transition avec la roche saine dans laquelle une certaine ferruginisation du quartz est visible.

● Etude aux Rayons X.

— Roche totale, parties ocres :

- Gibbsite : 4,86.
- Chlorite : 14,5 - 7,09 - 4,80.
- Illite : 10,07 - 3,33 - 4,97.
- Quartz : 4,23 - 3,33.
- Plagioclase : 4,02 - 3,19.

— Fraction $< 2 \mu$:

- Kaolinite : 7,12 (faible).
- Illite : 10,05 - 4,99.

Gibbsite : 4,85 (raie plus forte que dans la roche).

Quartz : 3,33.

Oligoclase : 4,02 - 3,18.

B.1) Roche blanchie compacte.

Roche compacte dure, peu fissurée, présentant à l'œil nu des feldspaths et plagioclases gris-blanc dont les faces de clivage ont déjà perdu de leur brillance ; les chlorites sont d'une teinte vert foncé plus caractérisée ; de petits cristaux de pyrite sont visibles dans la masse de la roche.

L'examen en plaques minces montre un morcellement très accentué des plagioclases, du microcline et du quartz par rapport à la roche saine. Il n'y a pas d'oxydes de fer dans les fissures. Les plagioclases sont très fortement séricitisés.

— **Mesure du pH** : 6,3 sur roche broyée.

● *Etude aux Rayons X.*

— **Poudre totale** :

Mica ou Illite : 9,99 - 4,93 (faible).

Quartz : 4,25 - 3,34 (très intense).

Oligoclase : 4,03 - 3,19.

Microcline : 3,23.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

Métahalloysite : 7,32 - 3,54 - 2,55 - 2,50 - 2,34.

Gibbsite : 4,87.

Quartz : 4,29 - 3,35.

Oligoclase : 4,01 - 3,19.

Microcline : 3,23 (peu visible).

B.2) Cortex rouille sur roche blanchie compacte.

Cortex d'altération, de teinte rouille rosée (C.43), plus foncée vers l'intérieur ; d'une épaisseur assez régulière (15 à 20 mm), dont la limite intérieure est bien tranchée avec la zone blanchie. Plagioclases et feldspaths ont pris un aspect terreux, ils sont devenus friables en partie, d'une teinte rouille rosée avec quelques plages blanches ; le quartz paraît également ferruginisé. La surface externe est blanchâtre et rouille, irrégulière, mais sans excavations granuleuses comme dans l'échantillon précédent. Nous avons là une surface interne de décollement d'une autre masse granitique altérée dans les mêmes conditions.

L'examen en plaque mince montre un quartz très divisé mais dont les propriétés optiques sont bonnes ; des plagioclases surtout et des feldspaths fortement séricitisés ayant perdu une partie de leur biréfringence et dont les mâcles sont peu visibles. La chlorite est très altérée, très divisée et devient un centre de diffusion d'oxydes de fer. Par place,

il existe des réseaux de fissures courbes groupées, grossièrement parallèles et qui semblent traduire un certain tassement de la roche. Toutes les fissures microscopiques sont remplies d'oxydes de fer ; les cristaux des divers minéraux sont entourés d'un liseré rouille et dans certains plagioclases très séricitisés les oxydes de fer ont diffusé dans la partie centrale des cristaux.

— **Mesure du pH : 5,6.**

● *Etude aux Rayons X.*

— **Poudre totale :**

Mica ou Illite : 10,08 - 3,34.

Produit kaolinique : 7,45 (pic très étalé).

Chlorite : 14,5.

Quartz : 4,24 - 3,34.

Oligoclase : 4,04 - 3,19.

C.1) Roche blanchie friable.

Elle se présente en masse très friable à structure grossière, constituée de plages terreuses blanches, légèrement ocrées et de gros grains de quartz dans lesquels peuvent se reconnaître encore des emplacements de feldspaths. Le quartz, légèrement teinté, rouille très clair, a pris un aspect saccharoïde et est devenu très friable.

Le cortex de la roche est constitué d'une zone externe ocre jaune (B. 68), épaisse de 1 à 5 mm et d'une zone interne ocre rouge (E. 28 et A. 61) nettement séparée du matériau ocre jaune, mais plus ou moins diffuse dans la masse blanchie de la roche et épaisse de 20 à 25 mm. Le quartz est davantage ferruginisé dans le cortex.

Toute cette masse est très friable et a tendance à se désagréger selon des fissures plus ou moins parallèles à la surface externe de la roche. Des matériaux ont été prélevés dans les trois zones : blanchie, ocre-rouge et ocre-jaune pour études aux Rayons X.

— **Mesure du pH : 5,3.**

● *Etude aux Rayons X.*

— **Poudre totale :**

Kaolinite : 7,15 (raie légèrement disymétrique).

Gibbsite : 4,81 (faible).

Quartz : 4,23 - 3,34.

Microcline : 3,23.

— **Fraction $< 2 \mu$:**

Métahalloysite : 7,27 - 4,44 - 3,60.

Goëthite : 2,68.

Quartz : 3,33.

C.2) **Cortex d'altération ocre-rouge et ocre-jaune.**

a) *ZONE EXTERNE OCRE-JAUNE.*

— **Mesure du pH : 5,1.**

● *Etude aux Rayons X.*

— **Poudre totale**, obtenue par grattage :

Produit kaolinique : 7,32.

Gibbsite : 4,81.

Goethite : 2,65.

Chlorite : 14,4 (faible).

b) *ZONE INTERNE OCRE-ROUGE.*

— **Mesure du pH : 5,1.**

● *Etude aux Rayons X.*

— **Poudre totale :**

Produit kaolinique : 7,12 (raie disymétrique).

Gibbsite : 4,81 (raie forte).

Goethite : 4,14 - 2,67.

Quartz : 3,34.

Oligoclase (?) : 3,18 (très faible).

Chlorite : 14,2 (faible).

— **Fraction $< 2 \mu$:**

Métahalloysite : 7,32 - 4,40 - 3,34.

Gibbsite : 4,87 (très faible).

Hématite : 2,69 - 2,5.

Goethite (?) : 2,69.

Quartz : 4,24 - 3,34.

Microcline : 3,22.

Remarque : La raie à 4,15 de la goethite n'a pas été repérée sur le diagramme, mais elle a été identifiée dans la roche totale de la fraction $< 2 \mu$. Après déferrification, les raies à 2,50 et 2,69 disparaissent, confirmant la présence d'hématite.

— **Fraction $< 2 \mu$:**

Métahalloysite : 7,35 - 4,40 - 3,62 - 2,54 - 2,49 - 2,34.

Goethite : 4,15 - 2,67.

Quartz : 3,33.

D.1) **Argile tachetée.**

Masse argileuse, compacte, dans laquelle la structure de la roche primitive n'est plus reconnaissable, de teinte gris-clair (B. 44), avec des trainées ferrugineuses ocre-rouge et jaune rosé bien nettes. La composition granulométrique est la suivante :

- Argile : 46,7 % de la terre fine séchée à l'air.
- Limon : 6,2 % de la terre fine séchée à l'air.
- Sable fin : 10,7 % de la terre fine séchée à l'air.
- Sable grossier : 31,7 % de la terre fine séchée à l'air.

— **Mesure du pH : 4,7.**

— **Etude de la fraction $< 2 \mu$:**

- *Rayons X.*

Produit kaolinique : 7,22 - 4,40 - 3,56 et raies à 2,55 - 2,495 - 2,33 bien différenciées.

- *Analyse thermique différentielle.*

Elle confirme la présence de kaolinite (crochet endothermique à 576° et crochet exothermique à 988° ; elle montre l'existence de gibbsite (crochet endothermique à 306°) et de goethite (crochet endothermique à 350°).

- *Thermobalance.*

Elle permet d'évaluer la proportion de kaolinite à 85 % environ.

Conclusion

Les couches externes d'altération décrites dans les échantillons A, B, C du profil AYAMÉ 9. sont de type fissural ou diaclasique (type II), mais ils marquent une transition très nette vers l'altération massive du granite en milieu drainé (type III).

— « A » est un faciès typique le long de larges diaclases de la roche saine,

— « B » représente un faciès fissural ayant provoqué un décollement de deux blocs dans une roche massivement altérée à un premier stade de blanchiment,

— « C » est un faciès du même ordre que « B » mais plus avancé, dans une roche massive très altérée.

— Sur roche saine, le cortex d'altération (Ech. A2) est constitué des éléments originels du granite et probablement de gibbsite.

Le blanchiment du granite (Ech. B) est dû à une micro-division des principaux minéraux quartz, microcline, mais surtout des plagioclases déjà très séricitisés. Les produits de néoformation caractérisés sont une argile du groupe kaolinique (métahalloysite) et un hydroxyde (gibbsite).

Le cortex rouille sur cette roche blanchie tire son origine d'une pénétration fissurale d'eaux d'infiltration chargées en fer ; elles ont imprégné la roche massive d'une manière diffuse, mais la précipitation et le dépôt des oxydes de fer se sont limités à une profondeur uniforme (15 à 25 mm). La limite très nette de la couche ferrugineuse et la cou-

leur brune plus intense à cette limite sont dues à une surcharge en hydroxydes de fer. L'accumulation à ce niveau serait due probablement à une variation sensible des conditions d'oxydoréduction entraînant secondairement un abaissement du pH dans le cortex par rapport à la roche blanchie (pH 5,6 à pH : 6,3). L'altération plus avancée de cette zone ferrugineuse se traduit surtout par une friabilité plus élevée de la roche, mais les produits de néoformation sont identiques. La goethite n'a pas été identifiée et le fer se présente sous forme de gels.

Dans la roche blanchie friable, la fraction $< 2 \mu$ est caractérisée par de la métahalloysite, de la goethite et un peu de quartz. De la gibbsite a été déterminée en faibles quantités dans la roche, ainsi que des restes de microcline.

Le cortex ocre-rouge de cette roche a des limites internes très diffuses montrant une pénétration plus profonde des oxydes de fer, en relation probable avec une variation plus profonde des conditions d'oxydo-réduction et un pH plus acide de la masse altérée (5,3) ; les minéraux identifiés dans cet horizon sont le quartz, des restes de chlorite et d'oligoclase, un produit kaolinique, de la gibbsite, de la goethite et un peu d'hématite. La gibbsite est en proportion importante dans la poudre de roche, alors qu'elle n'a pu être identifiée dans la fraction $< 2 \mu$.

Le cortex ocre-jaune externe, d'aspect plus limoneux est constitué surtout d'un produit kaolinique, de goethite et de gibbsite.

En résumé, une argile du groupe kaolinique ainsi que la gibbsite apparaissent dès le premier stade d'altération du granite.

Le produit kaolinique présente sur les diagrammes de Rayons X des raies variant de 7,15 à 7,32 et même 7,4 Å, ce qui traduit vraisemblablement un état variable de cristallisation et d'hydratation de cette argile qui peut être identifiée le plus souvent comme une métahalloysite (Ech. B.2 à 7,4 Å).

Analyses chimiques - Interprétations

(Voir pages suivantes)

TABLEAU III
PROFIL AYA. 9

I. — Éléments totaux par attaque triacide sur roche totale (échantillons séchés à 105°).

	D
Quartz + Insoluble.....	32,41
SiO ² combinée.....	30,03
Al ² O ³	21,60
Fe ² O ³	3,07
TiO ²	0,62
P ² O ⁵	0,04
Perte au feu.....	10,49
Total.....	98,26
Rapport moléculaire ..	
SiO ² /Al ² O ³	2,3

II. — Éléments totaux par attaque fluorhydrique sur roche totale (échantillons séchés à 105°).

	A	B	C	D
SiO ² totale.....	75,35	74,45	70,51	65,08
Al ² O ³	12,51	13,35	11,13	19,32
Fe ² O ³	0,50	0,30	6,80	3,00
FeO.....	1,10	0,37	0,58	0,26
TiO ²	0,09	0,09	0,17	0,29
P ² O ⁵	0,04	0,05	0,05	0,04
CaO.....	1,54	0,98	0,42	0,36
MgO.....	0,91	0,75	0,25	0,15
K ² O.....	3,18	4,02	1,79	0,62
Na ² O.....	4,22	5,02	1,38	1,26
Perte au feu.....	0,46	0,59	6,90	9,58

Nota. — Les échantillonnages différents effectués d'une part à ADIOPOLDOUMÉ pour les attaques triacides, d'autre part à BONDY pour les attaques fluorhydriques peuvent justifier des variations sensibles des teneurs de certains éléments, obtenues par ces deux méthodes.

PROFIL AYA. 9 (suite)

III. — Calcul des normes des échantillons de roche à divers stades d'altération (d'après les résultats de l'analyse par attaque fluorhydrique).

	A	B	C	D Calcul 1		D Calcul 2
Quartz.....	34,08	27,72	55,50	54,66		36,42
Orthose.....	18,34	23,34	10,55	3,33		3,33
Albite.....	35,62	41,92	11,52	10,49		10,49
Anorthite.....	5,83	2,24	1,94	1,66		1,66
Wollastonite...	0,69	1,04				
Enstatite.....	2,20	1,80	0,60	0,30		0,30
SiO ² FeO	1,45	0,39				
Kaolinite.....						39,70
Ilménite.....	0,15	0,15	0,30	0,45		0,45
Magnétite.....	0,69	0,23	1,39	—		—
Corindon.....			6,0	16,01		—
Hématite.....			5,76	2,88		
Goethite.....						3,24
Orthose/ Plagioclase ..	0,44	0,52	0,78	0,27		
Anorthite % ..	14	5	14	13		

IV. — Calcul du taux de kaolinite (d'après les résultats de l'attaque triacide).

	Millimo- lécules	Quartz	Kao- linite	Goethite	Silice non attribués	H ² O
Quartz.....	540	540				
SiO ² . combinée.	500		426		74	
Al ² O ³	213		213			
Fe ² O ³	19			19		
H ² O.....	582		426	19		137
En %.....		32,40	54,94	3,38	4,44	2,46

Le calcul de la norme sur la roche saine révèle un granite riche en silice et contenant une forte proportion de plagioclases (Orth./Plag. = 0,44), marquant une transition très nette vers une granodiorite.

Des possibilités de silicates de Mg, Ca et Fe ont été calculées.

Dans l'échantillon « B », premier stade de blanchiment de la roche, nous relevons des teneurs plus élevées en orthose et plagioclase mais dans les mêmes proportions que « A » ; par contre les plagioclases sont plus sodiques. Les concentrations plus élevées en Na_2O et K_2O dans cet échantillon pourraient être mises en relation avec une variation de faciès du granite sous l'influence de filons ou d'enclaves d'une lave paléovolcanique dont nous avons relevé plusieurs gisements dans la carrière. La teneur élevée en K_2O peut également être mise en relation avec le premier stade d'altération du granite, lorsqu'il se produit une forte séricitisation des plagioclases. La potasse, libérée des feldspaths (microcline), se fixerait sous forme de séricite avec SiO_2 et Al_2O_3 alors que les autres cations sont évacués par les eaux de drainage (J. de LAPPARENT).

L'échantillon « C », roche friable imprégnée en partie d'hydroxydes de fer (zone 3) présente un net abaissement des teneurs en bases (variations de 3 à 1 ou de 2 à 1) et une possibilité de calcul d'alumine libre (6 % de corindon), que nous pourrions éventuellement utiliser dans la constitution d'un produit kaolinique puisque l'identification en a été faite au Rayons X.

Dans l'argile tachetée « D », l'abaissement des teneurs en bases et en particulier de K_2O est très sensible par rapport à « C » et le taux d'alumine non utilisée dans la constitution des silicates de K, Na et Ca est de 16 %. La teneur en produit kaolinique calculée à partir de cet excès d' Al_2O_3 serait de 39,7 % de la terre totale, ce qui représente environ 85 % de la fraction « argileuse » ($< 2 \mu$) déterminée par l'analyse physique. Cette valeur de 85 % est d'ailleurs confirmée par les mesures thermo-pondérales sur la fraction $< 2 \mu$.

Par contre les possibilités de calcul du taux de kaolinite d'après les résultats de l'analyse triacide donnent une valeur trop élevée qui dépasse le pourcentage global de la fraction $< 2 \mu$. Al_2O_3 ne peut donc être entièrement attribué à la constitution de la kaolinite, mais pourrait être inclus partiellement dans celle de silicates primitifs non altérés, puisque la présence de gibbsite n'a pas été décelée en proportion suffisante.

— Type III. — Altération souterraine massive en milieu drainé.

Le milieu d'altération peut être localisé au sein de masses granitiques profondes englobées dans un matériau meuble, bien drainé, quartzo-micacé près de la surface du sol, plus feldspathique près de la

roche. La température y est constante et de l'ordre de 24 à 26° ; l'humidité y est variable, liée à la pluviométrie saisonnière. L'humidification périodique du milieu résulte de mouvements verticaux ou obliques d'infiltration de l'eau météorique qui a traversé déjà une certaine épaisseur de sol. Cette eau a entraîné, dans son mouvement descendant et par solubilisation, des acides organiques de la litière végétale superficielle, des éléments minéraux du sol (bases, silice, fer) mais en faible quantité. Cette eau acquiert, de ce fait, un pouvoir d'hydrolyse légèrement acide, confirmé par les mesures de pH faites sur des eaux suintant à des profondeurs variées (avant le front d'altération de la roche (*voir tableau n° IV*)). Mais ces suintements sont difficilement observables dans les profils qui présentent le plus souvent un milieu frais, mais non engorgé, puisque les conditions de drainage sont satisfaisantes. L'engorgement du sol ne peut être envisagé que comme temporaire, lors des grandes chutes de pluies. Le pH des eaux est de l'ordre de 6, légèrement plus élevé et voisin de la neutralité en profondeur au contact de la roche granitique. La teneur en bases est faible (Na représentant le cation dominant), mais son augmentation au contact de la roche est très nette. (Ech. DIV. 13). La teneur en silice varie de 3 à 7 ppm dans les eaux du sol ; elle augmente près de la roche (12,5 ppm).

Les caractères morphologiques et analytiques des zones d'altération des profils cités seront donnés en fonction des variations des faciès pétrographiques et de la pluviométrie.

TABLEAU IV
Analyses d'eaux de suintements
au-dessus du front d'altération du granite

Lieu du prélèvement	Profon- deur	pH	Ca	Mg	K	Na	Si	Fe	C.E. en milli- mhos
résultats exprimés en ppm									
Profil L.K.2..	1 m	5,95	1,1	0,2	3,1	8,0	7,5	0,38	0,055
Profil L.K.3..	1 m	6,13	1,1	0,2	1,5	4,0	5,0	0,22	0,038
Profil L.K.7..	1 m	5,95	1,1	0,2	1,1	6,5	3,7	0,63	0,044
Profil SS6....	0,50 m	6,10	2,2	0,2	1,5	7,7	6,9	0,10	0,055
Profil SS8....	5 m	5,67	2,2	0,2	2,3	9,3	7,1	0,11	0,060
Profil GG3...	20 m	5,67	1,1	0,4	1,9	5,2	3,2	0,04	0,063
Profil Div. 13.	1 m	6,80	8,4	8,2	0,9	30,3	12,5	0	0,284

1. PROFIL DIV. 5

- Zone forestière centrale de Côte d'Ivoire.
- Pluviométrie moyenne annuelle de 1 600 à 1 800 mm.
- Roche-mère : granite calco-alkalin à muscovite.

Le prélèvement a été effectué au km 16 de la route DIVO-TIAS-SALE, dans une tranchée routière (*voir photo 14*). D'énormes blocs granitiques affleurent dans une arène brun-rougeâtre qui repose sur une masse rocheuse disloquée, altérée à 1 m - 1,50 m de profondeur. La topographie est vallonnée ; l'altitude varie de 100 à 140 m environ. Le prélèvement a été fait à mi-pente, entre le sommet du plateau et le fond du talweg.

a. Morphologie du profil

- 0-15 cm : gris-brun, sablo-argileux, humifère légèrement grumeleux ;
- 15-70 cm : brun rougeâtre, argilo-sableux, avec petits blocs de granite altéré friable de teinte beige ;
- à 70 cm : front discontinu d'altération du granite avec blocs arrondis présentant un cortex ocre-jaunâtre (D.56) assez friable et une zone interne blanchie compacte et dure (D.41).

Les prélèvements ont été effectués aux niveaux suivants, de bas en haut :

- Echantillon A : roche saine en affleurement superficiel près de la coupe.
- Echantillon B : roche altérée blanchie dure, à 1,50 m.
- Echantillon C : Cortex ferrugineux recouvrant cette roche.
- Echantillon D : Roche altérée friable, à 60 cm.
- Echantillon E : Roche altérée friable, à 25 cm.
- Echantillon F : Arène argilo-sableuse, 50-60 cm.
- Echantillon G : Horizon superficiel, 0-10 cm.

b. Etude des échantillons

L'étude qualitative a été réalisée par plaque mince sur les roches A et B et aux Rayons X sur les fractions argileuses $< 2 \mu$ extraites des échantillons B à F. Des études complémentaires par analyse thermique différentielle et thermo-pondérale ont été effectuées seulement sur certains échantillons.

Ech. A : Roche saine.

Roche de teinte claire, finement grenue, constituée des minéraux suivants :

- Quartz.
- Plagioclases séricitisés, parfois zonés (Oligoclase).
- Microcline très frais.
- Muscovite.

— Epidote.

— Chlorite.

Les plagioclases sont souvent entourés et plus ou moins digérés par le microcline qui les pénètre et forme ainsi des pseudo-antiperthites.

Structure grenue engrenée, encore légèrement cloisonnée.

Granite à muscovite, à grain fin, et de caractère très leucocrate.

Ech. B : Roche altérée : zone interne blanchie compacte.

● *Examen en plaque mince.*

— Quartz.

— Plagioclases très séricitisés en général, mais quelquefois très frais — tendance à la disparition des mâcles de certains plagioclases très altérés — nombreuses diaclases dans les plagioclases.

— Microcline frais qui tend souvent à englober et pénétrer les plagioclases séricitisés (observation qui n'avait pas été faite dans la plaque mince de roche fraîche).

— Muscovite.

— Chlorite : liserés et filonnets brun-foncés d'oxydes de fer autour des chlorites.

— Epidote.

— Myrmékite rare.

Structure grenue engrenée fine.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Métahalloysite (probable) : 7,30 - 2,55 - 2,50 - 2,42.
(les trois dernières raies sont mal différenciées).

Gibbsite : 4,83.

Quartz : 4,25.

Oligoclase : 4,01 - 3,18.

● *Thermo-balance.*

L'évaluation des constituants métahalloysite et gibbsite faite d'après la thermo-balance, indique :

Métahalloysite : 50 % environ.

Gibbsite : 10 % environ.

— **Mesure du pH** : 5,3 sur roche broyée.

Ech. C : Roche altérée : Cortex jaunâtre très friable.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Produit kaolinique : 7,22 - 3,55.

Gibbsite : 4,83.

Goethite : 4,15 (faible) - 2,67 - 2,43.

Quartz : 3,33.

● *Analyse thermique différentielle.*

Cette analyse confirme la présence de gibbsite (crochet endothermique à 305°) et d'un produit kaolinique (crochet endothermique à 546° et crochet exothermique à 960°). Elle indique des gels d'hydroxydes (crochet exothermique à 330°).

— **Mesure du pH : 5,25** sur roche broyée.

Ech. D : Roche altérée : petit bloc blanchi friable.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Produit kaolinique : 7,22 - 3,58.

Gibbsite : 4,83 (traces).

Quartz : 3,33.

● *Thermo-balance.*

Elle permet d'apprécier 75 à 80 % de kaolinite dans la fraction argileuse.

Ech. E : Roche altérée : petit bloc blanchi très friable proche de la surface.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Produit kaolinique : 7,27 - 3,57.

Quartz : 3,33.

Ech. F : Arène brun-rougeâtre.

Matériau meuble dont la composition granulométrique est la suivante :

— Argile : 25 % sur terre fine séchée à l'air.

— Limon : 9,7 % sur terre fine séchée à l'air.

— Sable fin : 25,3 % sur terre fine séchée à l'air.

— Sable grossier : 36,8 % sur terre fine séchée à l'air.

— Eléments grossiers $> 2 \text{ mm}$: 15 % de la terre totale.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Produit kaolinique : raies à 7,18 - 4,40 - 3,55.

Quartz : raie à 3,33.

● *Analyse thermique différentielle.*

Elle confirme la présence de kaolinite (crochets endothermique à 550° et exothermique à 960°) et montre la présence (traces)

de gibbsite (crochet endothermique à 306°) et de gels d'hydroxydes (crochet exothermique à 350°).

● *Thermobalance.*

Elle permet d'évaluer la proportion de kaolinite à 85 % environ de la fraction argileuse et confirmerait la présence d'un peu de gibbsite.

— Mesure du pH : 5,0.

c. Analyses chimiques

TABLEAU V
PROFIL DIV. 5

I. — Éléments totaux extraits par attaque triacide (échantillons séchés à 105°).

	Roche totale					Fraction < 2 μ
	A	B	C	D	F	F
Quartz + Insoluble.....	93,42	90,79	88,08	76,07	58,88	0,51
SiO ²	2,58	4,14	5,10	8,79	17,06	43,48
Al ² O ³	0,87	0,77	2,43	6,12	15,63	33,55
Fe ² O ³	1,0	0,80	0,80	1,10	2,10	6,25
TiO ²	0,07	0,08	0,07	0,07	0,35	0,62
P ² O ⁵	0,11	0,09	0,05	0,05	—	0,13
CaO.....	0,05	0,34	0,34	0,36	—	—
MgO.....	0,07	0,08	0,01	0,04	—	—
K ² O.....	0,50	0,32	0,28	0,35	—	—
Na ² O.....	0,50	0,26	0,24	0,20	—	—
Perte au feu.....	0,54	0,85	0,96	3,67	5,07	14,21
Total.....	99,71	99,24	99,81	97,40	99,09	98,75
Rapport moléculaire :						
SiO ² /Al ² O ³	5,2	9,7	3,6	2,4	1,8	2,1

PROFIL DIV. 5 (suite)

II. — Éléments totaux extraits par attaque fluorhydrique (échantillons séchés à 105°).

	A	B	C	D	F
SiO ₂	73,63	73,70	71,56	70,60	—
Al ₂ O ₃	14,47	14,52	15,29	16,36	—
Fe ₂ O ₃	0,22	0,63	0,75	0,71	1,71
FeO.....	0,70	0,25	0,23	0,28	0,36
TiO ₂	0,09	0,04	0,02	0,05	—
P ₂ O ₅	0,17	0,19	0,17	0,13	—
CaO.....	1,20	0,89	1,01	0,84	0,49
MgO.....	0,03	0,03	0,03	0,03	0,06
K ₂ O.....	4,75	5,78	5,61	4,80	1,30
Na ₂ O.....	4,24	3,78	3,99	2,89	0,47
Perte au feu.....	0,29	0,83	1,30	3,18	—

III. — Calcul des normes de la roche à différents stades de l'altération.

	A	B	C	D	F (1)	F (2)
Quartz.....	28,56	28,32	25,08	34,86	67,74	58,88
Orthose.....	27,80	33,91	32,79	28,35	7,22	7,22
Albite.....	35,62	31,44	33,62	24,10	3,66	3,66
Anorthite.....	5,00	3,89	4,17	4,17	2,18	2,18
SiO ₂ Fe.O.....	0,92	—	—	—	—	—
Kaolinite.....	—	—	—	—	—	21,08
Apatite.....	0,31	—	—	—	—	—
Ilménite.....	0,15	—	—	—	0,60	0,60
Magnétite.....	0,23	0,69	0,69	0,92	—	—
Corindon.....	0,50	0,60	0,91	4,89	12,75	5,20
Orthose/ Plagioclase	0,68	1,07	0,87	0,98	1,23	—
Anorthite %...	12,30	11,0	12,40	14,80	37,30	—

IV. — Calcul de la constitution minéralogique de la fraction $< 2 \mu$ (Echantillon F).

	Milli-molécules	Kaolinite	Gibbsite	Goethite	Gels
SiO ²	724	658	traces	non identifié	66
Al ² O ³	329	329			
Fe ² O ³	39				39
H ² O.....	789	658			131
% calculé. . .		84,87			12,55

Le calcul de la norme de la roche saine (A) révèle un granite riche en feldspaths alcalins, avec une faible proportion d'anorthite (*voir Tableau V*).

Dans les faciès de plus en plus altérés B, C et D, les calculs indiquent un rapport orthose/plagioclase plus élevé que dans la roche saine. Ce fait semble traduire la plus grande stabilité des minéraux potassiques (microcline, muscovite) par rapport aux minéraux sodico-calciques au cours de l'altération. Les teneurs en potasse plus élevées dans les échantillons B et C que dans la roche saine A, alors que celles des autres cations s'abaissent, peuvent être mises également en relation avec la forte séricitisation reconnue dans les plagioclases. Nous caractérisons également un excès d'alumine, signalé sous la rubrique « corindon » et dont les valeurs croissent respectivement dans les échantillons B, C et D. D'après les examens aux rayons X et à l'analyse thermique différentielle, l'alumine en excès pourrait constituer de la gibbsite que nous avons identifiée dès le premier stade de l'altération, ou serait combinée en partie, à de la silice pour la néoformation du produit kaolinique.

Les résultats analytiques obtenus sur l'argile tachetée (F), interprétés selon les mêmes calculs (*voir Tableau V-III, colonne 5*) nous indiquent un fort excès d'alumine (12,7 %). L'excès de silice combinée (SiO² totale — SiO² de ORTH + ALB + AN) désignée provisoirement sous le nom de quartz, a été associée à une fraction de l'alumine en excès et la quantité d'eau d'hydratation nécessaire pour donner 21 % de kaolinite (*colonne 6*). Il reste néanmoins un complément d'Al²O³ et de Fe²O³ dont la présence peut être justifiée sous forme de gibbsite et de gels, minéraux déjà identifiés par les examens thermiques et roentnographiques. Dans l'argile tachetée, la fraction $< 2 \mu$ déterminée par l'analyse physique était de 25 %; elle est donc constituée d'après les calculs précédents de 84 % de kaolinite puisque nous avons trouvé 21 % de ce minéral.

Sur les résultats de l'analyse chimique de la fraction $< 2 \mu$ le calcul moléculaire révèle un léger excès de silice, après la constitution de la kaolinite (84 % de la fraction totale $< 2 \mu$).

La goethite n'ayant pas été identifiée dans les diagrammes de rayons X et à l'analyse thermique, le fer et l'eau non attribués constitueraient l'essentiel des gels d'hydroxydes.

L'analyse thermo-pondérale confirme ce résultat puisque la proportion de kaolinite évaluée par cette méthode est de 85 %.

d. Conclusion

Dans ce granite à muscovite, finement grenu, le premier stade d'altération observé en plaque mince montre une séricitisation des plagioclases, une microdivision des plagioclases et du quartz résultant de l'apparition de nombreuses fissures microscopiques ; une altération de certaines propriétés optiques des plagioclases (mâcle de l'albite moins nette) et une individualisation d'oxydes de fer, à proximité des chlorites et de l'épidote. La muscovite, le microcline et certains plagioclases restent sains.

L'analyse aux Rayons X de la fraction argileuse $< 2 \mu$ révèle que, dès le premier stade d'altération, il apparaît de la gibbsite et un produit kaolinique, identifié dans la roche blanchie dure (Ech. B) comme de la métahalloysite. Quartz et oligoclase sont suffisamment divisés pour se trouver dans la fraction $< 2 \mu$. Par contre, le microcline est à peine représenté dans cette fraction, mais aux Rayons X, sa raie caractéristique a pu être masquée en partie par celle de l'oligoclase.

La goethite a été identifiée dans le cortex jaunâtre (Ech. C) entourant le premier stade d'altération du granite (Ech. B) ; cependant l'individualisation du fer semble surtout se manifester sous forme de gels ferriques (cortex des roches altérées et argile de l'arène).

La métahalloysite de la première phase d'altération (raie à 7,30 aux Rayons X) n'apparaît pas dans les autres phases ; nous l'identifierons alors comme un produit kaolinique du type « fire-clay » (raie à 7,2 environ).

2. PROFIL BRA. 6

— Zone forestière centrale de Côte d'Ivoire.

— Pluviométrie moyenne annuelle de 1 600 à 1 800 mm.

— Roche-mère : granite calco-alcalin à biotite et muscovite.

Le prélèvement a été fait à la sortie du village de BRAFOUÉDI sur la piste menant au dôme, près d'un affleurement rocheux, sur un bas de pente, à 1 m de profondeur environ.

a. Morphologie du profil

Sous un horizon superficiel érodé et dégradé, nous observons un niveau argilo-sableux, tacheté, rougeâtre, parsemé de plages ocre-rouille diffuses ; il englobe des blocs granitiques altérés de 50 à 60 cm de diamètre.

Ces blocs sont directement enrobés d'une couche argilo-sableuse brune de 4 à 5 cm d'épaisseur.

Le granite altéré légèrement friable est de teinte brun-jaunâtre.

Les échantillons suivants ont été prélevés sur une distance de 50 cm environ :

- Echantillon A : granite altéré, noyau central friable ;
- Echantillon B : cortex brun argilo-sableux (63 C) ;
- Echantillon C : Argile tachetée, proche des blocs granitiques (46 C).

b. Etude des échantillons

— Roche saine.

Granite calco-alcalin à biotite et muscovite (*voir* détermination en plaque mince, Chap. II, type I).

Ech. A : Roche altérée (zone centrale).

— Fraction $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Kaolinite : 7,15 (faible) - 3,54.

Illite : 10.

Gibbsite : 4,81 (fort).

Quartz : 3,32.

Oligoclase : 3,18.

— Mesure du pH : 6,9 sur roche broyée.

Ech. B : Cortex argileux brun.

— Fraction $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Kaolinite : 7,17 - 3,56.

Illite : 10,25 (faible).

Goethite : 4,15 - 2,66 (peu visible - possible).

Microcline : 3,23 (restes).

● *Analyse thermique différentielle.*

Elle confirme la présence de kaolinite (crochet endothermique à 584°, crochet exothermique à 970°) d'un peu de gibbsite (crochet endothermique à 304°) et de goethite (crochet endothermique à 325°). Elle indique la présence de gels d'hydroxydes (crochet exothermique à 360°).

● *Thermobalance.*

Elle permet d'évaluer la proportion de kaolinite à 70 % environ, et d'apprécier les proportions de goethite 5 % et de gibbsite 3 %, grâce à la détermination complémentaire du fer total par analyse chimique.

— **Mesure du pH : 6,30.**

Ech. C : Argile tachetée.

Matériau meuble dont la composition granulométrique est la suivante :

- Argile : 35,5 % sur terre fine séchée à l'air ;
- Limon : 11,2 % sur terre fine séchée à l'air.
- Sable fin : 15,6 % sur terre fine séchée à l'air ;
- Sable grossier : 33,4 % sur terre fine séchée à l'air.
- Eléments grossiers > 2 mm : 3,4 % de la terre totale.

— **Fraction < 2 μ :**

● *Etude aux Rayons X.*

Kaolinite : 7,17 - 3,55.

Goethite : 4,15 - 2,66.

Gibbsite : 4,89 (?) raie trop élevée.

Nous trouvons également une bande de raies de faible intensité étalée de 10,25 à 12,50 Å. Cette bande se maintient après chauffage à 350° ; à 500°, il y a une augmentation d'intensité de la bande située à 10 Å. Après chauffage à 700°, la bande à 10,2/12,5 disparaît et une raie nette se manifeste à 10,2 Å. Aucun gonflement ne se produit après traitement au glycérol.

Après ces observations, il semble possible de conclure à la présence d'hydrobiotite.

● *Thermobalance.*

Elle permet d'évaluer la proportion de kaolinite à 75 % environ et celle de goethite à 6 % environ (d'après le dosage chimique du fer total).

● *Analyse thermique différentielle.*

La présence de la kaolinite est confirmée par un crochet endothermique à 576° et un crochet exothermique à 970° ; celle de la gibbsite par un crochet endothermique faible à 303° et de la goethite par un crochet endothermique à 330°.

— **Mesure du pH = 5,5.**

c. Analyses chimiques

TABLEAU VI

PROFIL BRA. 6

Eléments totaux par attaque triacide sur roche totale et fraction $< 2 \mu$ (échantillons séchés à 105°).

	Roche totale			Fraction $< 2 \mu$	
	A	B	C	B	C
Quartz + Insoluble....	76,89	58,58	39,34	0,85	0,72
SiO ² combinée.....	7,70	16,94	25,85	41,88	40,75
Al ² O ³	8,66	12,82	20,03	35,30	34,26
Fe ² O ³	1,19	3,15	4,39	4,60	6,38
TiO ²	0,37	0,47	0,55	0,71	0,82
P ² O ⁵	0,05	0,03	0,04	0,05	0,03
Perte au feu.....	3,37	6,53	8,62	13,07	13,29
Total.....	98,22	98,42	98,72	96,46	96,25
Rapport moléculaire					
SiO ² /Al ² O ³	1,5	2,2	2,2	2,0	2,0

d. Conclusion

Les blocs de granite calco-alcalin à biotite et muscovite, enrobés dans de l'argile tachetée proche de la surface du sol, ont déjà subi une altération très avancée qui se traduit par la formation au sein de la roche d'un peu de kaolinite, et de gibbsite que nous identifions dans la fraction $< 2 \mu$, avec des minéraux primitifs de la roche (quartz et oligoclase).

La goethite est décelée seulement dans le cortex brun recouvrant les blocs de granite.

La fraction $< 2 \mu$ du matériau final issu de l'altération est formée de kaolinite (75 %), de goethite (6 %) et de gibbsite en faible proportion et probablement de micas en voie d'altération que nous identifions sous le nom d'hydrobiotite.

Les conditions d'altération sont très voisines de celles du profil DIV. 5 cité précédemment.

3. PROFIL AGV. 3

- Zone forestière centrale Ouest de Côte d'Ivoire.
- Pluviométrie moyenne annuelle de 1 400 mm environ.
- Roche-mère : granite calco-alcalin à muscovite.

Le prélèvement a été effectué au km 5 de la route AGBOVILLE-AKOUPÉ, dans une tranchée routière traversant une ligne de crête. L'altération de la roche a pu être observée sur une profondeur de 10 à 12 m. Un profil complet, où nous trouvons tous les horizons caractéristiques de l'altération, a pu être observé sur une profondeur de 3,5 m environ. La roche saine n'a pu être prélevée car tous les blocs granitiques profonds montrent une altération avancée des feldspaths (blanchiment et friabilité).

a. Morphologie du profil

(voir photo 15)

- 0- 10 cm : gris-brun (C.10) sableux, humifère ;
- 10- 40 cm : gris-beige (C.10) sableux, très graveleux (quartz-mica) ;
- 40- 80 cm : gris-beige (B.10) taches ocre-rouge clair argilo-sableuses, graviers quartzeux ;
- 80-200 cm : tacheté gris (A.90) ocre-rouille et ocre-rouge (C.46) (taches d'aspect vermiculé bien individualisées), sablo-argileux grossier ;
- à 200 cm : roche granitique altérée, en place, dans laquelle nous trouvons des filons entrecroisés de pegmatite également altérée, qui se prolongent en haut du profil jusqu'au niveau le plus graveleux où leur trace disparaît par dislocation.

Nous relevons trois faciès de roche altérée :

- à 200 cm : proche de la zone tachetée, roche altérée très friable de teinte rosée (A.41), très micacée ;
- à 230 cm : séparée de la roche précédente par un filon de pegmatite, roche altérée friable blanchie (A.90) très micacée ;
- à 200 cm : pegmatite altérée présentant des zones tachetées, sablo-argileuses, grossières, analogues à celles de l'horizon 80-200, des blocs d'argile grise compacte (B.10), de gros éléments de feldspaths blanchis, peu friables, à faces grossièrement polyédriques (un à quelques centimètres de diamètre).

Les faciès de roche moins altérée ont été observés à une profondeur de 10-12 m environ.

Les prélèvements ont été faits aux niveaux suivants :

- Echantillon A : Roche altérée de profondeur : 12 m.
- Echantillon B : Roche altérée blanchie friable : 2,30 m.
- Echantillon C : Roche altérée rosée friable : 2 m.
- Echantillon D : Argile tachetée : 1,50 m.
- Echantillon E-F : Horizon graveleux : 60-80 cm et 20-30 cm.
- Echantillon H : Pegmatite altérée : 2 m.

b. Etude des échantillons

— Ech. A : Roche altérée profonde.

Granite calco-alcalin très leucocrate, avec quartz, microcline, oligoclase et muscovite, à structure grenue, traversé de filons de pegmatites graphiques, riches en gros éléments de feldspaths, de tourmaline, et de muscovite en petites lamelles tordues disposées en éventail.

— Ech. B : Roche altérée blanchie friable.

— Fraction $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Kaolinite : 7,14 - 3,55.

Illite : 10,1 - 3,35.

● *Analyse thermique différentielle.*

Elle confirme l'existence de kaolinite (crochet endothermique à 578°, et crochet exothermique à 970°) et indique la présence d'un peu de gel d'hydroxydes (crochet exothermique à 350°).

● *Thermobalance.*

Un léger décrochement de la courbe indique l'existence d'un peu d'hydroxydes.

Teneur en kaolinite évaluée à 80 %.

— Mesure du pH : 5,75.

Ech. C : Roche altérée rosée friable.

— Fraction $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X .*

Kaolinite : 7,17 - 3,55.

Illite : 10,05 - 4,97 - 3,34 (faible).

Oligoclase : 3,18 - 2,98.

● *Analyse thermique différentielle.*

Elle confirme la présence de kaolinite et indique l'existence de gels d'hydroxydes (crochet exothermique à 360°).

● *Thermobalance.*

Teneur en kaolinite évaluée à 80 %. Pas d'hydroxydes visibles.

— Mesure du pH : 5,28.

Ech. D : masse sablo-argileuse tachetée dont la constitution granulométrique est la suivante :

- Argile : 23,0 % sur terre fine séchée à l'air.
- Limon : 12,9 % sur terre fine séchée à l'air.
- Sable fin : 26,9 % sur terre fine séchée à l'air.
- Sable grossier : 37,2 % sur terre fine séchée à l'air.
- Pas d'éléments graveleux > 2 mm.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

- *Etude aux Rayons X.*

Kaolinite : 7,15 - 3,55.

Illite : 10,25 - 4,94 - 3,34.

- *Thermobalance.*

Teneur en kaolinite évaluée à 75 %.

Pas d'hydroxydes visibles sur la courbe d'analyse thermique différentielle, sauf un pic très léger à 350° (gels).

— **Mesure du pH** : 5,05.

Ech. H.

Une extraction d'argile a été effectuée sur les noyaux argileux gris compacts trouvés dans les filons de pegmatite.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

- *Etude aux Rayons X :*

Kaolinite : 7,15 - 3,55.

Illite : 10,0 - 3,33.

La teneur en illite semble nettement plus importante que dans les autres fractions $< 2 \mu$.

La courbe d'analyse thermique différentielle confirme la présence de kaolinite (crochet endothermique à 576° et crochet exothermique à 960°).

La teneur en kaolinite est évaluée à 75-80 % d'après la courbe de thermobalance.

— **Mesure du pH** : 4,7.

c. Analyses chimiques.

TABLEAU VII
PROFIL AGV. 3

I. — Éléments totaux par attaque triacide (échantillons séchés à 105°).

	Roche totale				Fraction < 2 μ			
	B	C	D	H	B	C	D	H
Quartz + Insoluble	71,74	57,21	54,65	22,22	0,48	2,27	1,56	1,39
SiO ² combinée.....	13,15	19,38	20,80	35,16	44,68	43,99	43,99	45,15
Al ² O ³	9,86	14,96	16,20	28,84	37,66	37,03	37,65	37,25
Fe ² O ³	0,68	1,09	1,24	1,69	3,08	3,25	3,01	2,36
TiO ²	0,04	0,09	0,10	0,18	0,28	0,28	0,35	0,35
P ² O ⁵	—	—	—	0,02	0,03	0,04	0,03	0,03
Perte au feu.....	3,01	5,15	6,52	10,95	12,87	13,10	12,43	12,85
Total.....	98,48	97,88	99,51	99,06	99,08	99,96	99,02	99,38
Rapport								
moléculaire								
SiO ² /Al ² O ³	2,2	2,2	2,1	2,3	2,01	2,01	1,98	2,06

II. — Bases totales extraites par attaque fluorhydrique sur roche totale.

CaO.....	%	0,44	0,44	0,30	0,12
MgO.....	%	0,06	0,06	0,06	—
K ² O.....	%	5,24	4,34	3,44	2,11
Na ² O.....	%	3,10	2,16	1,28	2,60

d. Conclusion

Dans l'altération de ce granite à muscovite, très leucocrate, la kaolinite représente le principal minéral de néoformation, et son existence est reconnue dès les premières phases de transformation de la roche.

La muscovite étant très abondante dans la roche, les raies à 10 Å trouvées dans les diagrammes de Rayons X des fractions < 2 μ correspondent vraisemblablement à ce minéral, sans qu'il soit possible de confirmer une néoformation d'illite.

Les hydroxydes n'ont pas été caractérisés dans les différents diagrammes de Rayons X de la fraction argileuse. Ils existent cependant

en teneur faible, mais sous forme de gels, visibles en partie à l'analyse thermique différentielle.

Il est possible que les petits blocs argileux de nature kaolinique présents dans les filons de pegmatite altérée proviennent de la transformation in situ de gros éléments d'oligoclase.

4. PROFIL AYA. 8

- Zone forestière orientale de Côte d'Ivoire.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1 800 à 2 000 mm.
- Roche-mère : granodiorite.

Le prélèvement a été fait sur les chantiers du barrage de la BIA, au Sud d'AYAME (25 km Nord d'ABOISSO), sur la rive droite de la rivière, dans la tranchée d'implantation de la digue. Le profil a pu être observé sur une hauteur de 15 m environ. La roche-mère est très altérée, à cette profondeur : il reste cependant des blocs isolés, intérieurement peu altérés et très durs, sur lesquels il a été possible d'identifier les principaux minéraux de la roche.

a. Morphologie du profil

(voir photos 17 et 18)

- 0- 10 cm : gris-beige (C.21) argilo-sableux humifère ; structure finement polyédrique, débris de roche ferruginisée et de concrétions);
- 10- 80 cm : brun-jaunâtre (C.48) de plus en plus argileux en profondeur ; structure polyédrique ; très graveleux (débris de roche altérée, quartz filonien et concrétions) ;
- 80-125 cm : brun-rouge (E.28) avec taches rougeâtres plus foncées, très argileux ; structure plus compacte ;
- 125-250 cm : tacheté brun-rouge plus ou moins foncé, et brun-jaune diffus ; argileux, jusqu'à une profondeur variable où apparaissent les premiers blocs de roche altérée en place ;
- 250-400 cm : masse de roche altérée en place qui comprend :
 - des blocs arrondis de roche saine grenue, gris foncé, très dure, entourée d'une mince couche altérée (10 à 15 mm) où les plagioclases ont pris un aspect blanchâtre et une certaine friabilité ; puis d'un cortex ferrugineux d'une épaisseur de 1 à 5 cm dans lequel la texture de la roche est encore reconnaissable. La partie interne de ce cortex, de teinte brun-jaune (D.56) est dure, la partie externe de teinte brun-rouge (F.26) est plus friable ;
 - des masses arrondies de teinte brune (E.56) constituées d'un matériau sableux grossier, friable et très poreux,

permettant de localiser d'anciens blocs de roche altérée dont la structure n'est plus reconnaissable ;

— une masse de roche altérée très friable, brun-jaune clair (C.56) dont la structure est encore reconnaissable, veinée de fines lignes rouille et rougeâtre de quelques millimètres d'épaisseur ; cette masse est traversée d'un autre réseau de fortes diaclases, remplies d'un matériau compact blanchâtre (A.10) ou violacé (F.14) de un à plusieurs centimètres d'épaisseur, formant un quadrillage isolant les uns des autres des blocs de roche altérée ferruginisée ;

de 10 à 12 m : masse de roche altérée moins friable, moins ferruginisée, de teinte brun-verdâtre et brun-jaunâtre (D.64) diffus, avec de nombreux points blancs, grossiers, d'origine plagioclasiques ; humide.

Le niveau inférieur de cet horizon correspond à celui des basses eaux de la BIA.

Les prélèvements des échantillons ont été faits sur les matériaux suivants :

- Echantillon A : Roche saine grenue en blocs (A.1) avec couche externe blanchâtre d'altération (A.2).
- Echantillon B Premier cortex brun-rouge de la même roche.
- Echantillon C : Deuxième cortex brun-rouge de la même roche.
- Echantillon D : Masse blanchâtre et violacée des grandes diaclases.
- Echantillon E : Masse ferrugineuse grossièrement sableuse.
- Echantillon F : Roche altérée massive à veinules ferrugineuses.
(Tous ces échantillons ont été prélevés entre 3 et 4 m de profondeur.)
- Echantillon G : Roche altérée massive, prélevée entre 10 et 12 m de profondeur.
- Echantillon H : Argile tachetée située au-dessus de la zone globale d'altération, à 2,50 m de profondeur environ.

b. Etude des échantillons

L'étude minéralogique des échantillons sera divisée en deux séries, d'une part, une série latérale où les échantillons A, B, C, D, E peuvent être considérés comme divers stades de l'altération de la granodiorite à proximité des blocs résiduels de roche saine, à une profondeur relativement faible, dans des conditions de drainage satisfaisant,

d'autre part, une série verticale (G, F, H) où les échantillons G et F représentent les stades de l'altération, de la roche massive au niveau de la nappe phréatique (G) et au-dessus (F). L'échantillon (H) représentant à la fois le matériau final commun aux deux séries.

Ech. A.1 : Roche saine interne.

Roche leucocrate, finement grenue dans laquelle les minéraux suivants ont été identifiés en plaque mince (photo 34) :

- Quartz : abondant, très xénomorphe, légèrement fissuré.
- Plagioclases très altérés, séricitisés, souvent saussuritisés, bien moulés par le quartz.

Leurs propriétés optiques sont très altérées et la mâcle de l'albite a pratiquement disparu de la plupart des cristaux qui sont reconnaissables à leur automorphie caractéristique.

- Hornblende verte, très fissurée ; cristaux morcelés, mais bonne biréfringence.

En lumière naturelle, nous n'observons pas d'oxydes de fer tapissant les fissures microscopiques de la roche.

- Chlorite de type pennine.
- Epidote.
- Zoïsite assez rare.
- Zircons en beaux cristaux.
- Apatite très fréquente.
- Un peu de Sphène.
- Ilménite altérée en leucoxène.

Cette roche, à structure grenue, peut être considérée comme une granodiorite en voie d'altération.

D'après D. BONNAULT, le plagioclase serait constitué d'oligoclase à 28 % d'An.

Ech. A.2 : Roche altérée blanchie.

Dans cette rubrique seront donnés des résultats analytiques concernant la zone blanchie épaisse de 10 à 15 mm environ, entourant la roche saine et faisant la transition avec le cortex ferrugineux (Ech. B).

- Mesure du pH : 6,5.

- Fraction $< 2 \mu$:

- *Etude aux Rayons X.*

Chlorite : 14,2 - 7,05 - 4,67 - 3,52.

Mica : 10,1 - 4,94.

Quartz : 4,25 - 3,33.

Oligoclase : 4,02 - 3,18.

Hornblende : 8,46 - 2,71.

Ech. B : 1^{er} cortex brun-jaune.

- Mesure du pH : 5,1.

- *Examen en plaque mince (photo 35).*

Le quartz est le seul élément ayant encore une biré-

fringence normale, mais ses cristaux sont traversés de nombreuses fissures tapissées d'oxydes de fer.

L'emplacement des plagioclases est encore visible : marqué par un aspect de plages blanches finement cristallisées (Gibbsite ?).

Les cristaux de hornblende présentent une teinte brun-rouge foncé en lumière naturelle ; ils sont faiblement biréfringents en lumière polarisée ; les clivages sont en partie visibles ; les micas ou chlorites ne sont plus visibles.

L'architecture microscopique de la roche semble encore intacte.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Métahalloysite : étalement de raies de 10,05 à 7,15
présentant un maximum à 10,05.

Gibbsite : 4,81.

Goethite : 4,14 - 2,66 - 2,41.

Quartz : 3,33 (faible).

Après chauffage à 105°, la série de raies à 10,05 - 7,15 passe à 7,32.

Ech. C : 2^e cortex brun-rouge, friable.

— **Mesure du pH** : 4,8.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Métahalloysite : étalement de raies de 10,05 à 7,17.

Gibbsite : 4,81 (moins forte que dans l'Ech. B).

Goethite : 4,14 - 2,65 - 2,41 (fort).

Quartz : 3,33 (faible).

Après chauffage à 105°, la série de raies à 10,05 - 7,17 passe à 7,32.

Ech. D : Masse blanchâtre et violacée des grandes diaclases.

— **Mesure du pH** : 4,8.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Métahalloysite : étalement de raies de 9,85 à 7,22.

Gibbsite : 4,81 (faible).

Goethite : 4,12 - 2,67.

Après chauffage à 105°, la série de raies à 9,85 - 7,22 passe à 7,26.

Ech. E : Masse ferrugineuse, grossièrement sableuse.

— **Mesure du pH** : 4,9.

— **Roche totale** :

● *Etude aux Rayons X.*

Kaolinite : 7,12 - 3,52 (faible).

Goethite : 4,14 - 2,65 - 2,40.

Hématite : 3,61 - 2,68 - 2,50.

Quartz : 4,24 - 3,33 - 2,44.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Goethite : 4,12 - 2,68 - 2,41.

Quartz : 3,34.

Ech. G : Roche altérée massive au niveau de la nappe.

— **Mesure du pH** : 5,9.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Montmorillonite (?) : étalement de raies de 10 à 15 Å.

Produit kaolinique : 7,27 - 4,40 - 3,54 - 2,55.

Mica : 10,2.

Goethite : 4,15 - 2,68 - 2,43.

Ech. F : Roche altérée massive, très ferruginisée.

— **Mesure du pH** : 4,7.

— **Roche totale** :

● *Etude aux Rayons X.*

Kaolinite : 7,17 - 3,55.

Goethite : 4,94 - 4,14.

Quartz : 4,24 - 3,33.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Kaolinite : 7,17 - 4,38 - 3,55.

Goethite : 4,14 - 2,66 - 2,42.

Gibbsite : 4,76 (faible).

Ech. H : Argile tachetée brun-rouge et brun-jaune diffus dont la constitution granulométrique est la suivante :

— Argile : 44,5 % de la terre fine séchée à l'air.

— Limon : 12,2 % de la terre fine séchée à l'air.

— Sable fin : 15,1 % de la terre fine séchée à l'air.

— Sable grossier : 24,0 % de la terre fine séchée à l'air.

— Eléments graveleux $> 2\text{mm}$: 16,9 % de la terre totale (concrétions ferrugineuses).

— **Mesure du pH** : 5,1.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Kaolinite : 7,16 - 4,40 - 3,55.

Goethite : 4,14 - 2,66 - 2,41.

Gibbsite : 4,83.

● *Analyse thermique différentielle.*

Elle confirme la présence de kaolinite (crochet endothermique à 576° et crochet exothermique à 988°), de goethite (crochet endothermique à 350°) et de gibbsite (crochet endothermique à 306°).

● *Thermobalance.*

La courbe de deshydratation de l'argile permet d'évaluer la proportion de kaolinite à 75 % environ, de goethite à 15 % et de gibbsite à 6 % environ.

Remarques complémentaires :

Il nous a paru utile de rapprocher de ce profil des observations faites également dans une coupe voisine (Profil AYA. 11) sur la zone d'altération de la même granodiorite.

Des blocs de roche (quelques décimètres cubes) à divers stades d'altération sont conservés à une profondeur de 4 à 5 m environ, dans un horizon inférieur de l'argile tachetée. Ces blocs, plus ou moins arrondis, sont fréquemment entourés de veines concentriques, épaisses de 2 à 20 mm et constituées soit de plaquettes d'un matériau blanc mat, légèrement violacé sur les bordures, rappelant les masses décrites sous échantillon D provenant des grandes diaclasses, soit d'un matériau blond, cireux à structure plus scoriacée, plus fissurée. Cette matière cireuse se présente fréquemment sous forme d'écailles épaisses de quelques dixièmes de millimètres, et d'un diamètre de 3 à 4 mm sur les faces externes du matériau blanc ; elle nous a paru à priori représenter de la silice secondaire, amorphe, déposée dans des fissures autour des blocs de granodiorite altérée. Un autre matériau brun-rouge foncé ou brun-violacé, très ferrugineux, peut être observé également dans les espaces intersticiels.

Des prélèvements ont été faits sur ces matériaux pour identification minéralogique aux Rayons X. Nous avons obtenu les résultats suivants :

1) **Matériau blanc, mat.**

— **Mesure du pH : 4,0.**

— **Poudre totale :**

● *Etude aux Rayons X.*

Métahalloysite : étalement de raies de 8,85 à 7,4 - 4,40
(intense) - 3,55 - 2,55 - 2,48 - 2,33.

Quartz : 3,34.

Après chauffage à 105°, la bande de raies à 8,85 - 7,4 passe à 7,32.

2) **Matériau blond, cireux.**— **Poudre totale :**● *Etude aux Rayons X.*

Métahalloysite : étalement de raies de 9,85 à 7,20 - 4,40 (intense) - 3,55 - 2,56 - 2,49 - 2,32.

Gibbsite : 4,81.

Quartz : 3,33.

Après chauffage à 105°, la série de raies à 9,85 - 7,20 passe à 7,23.

Pour compléter cette étude par spectre graphique, nous avons effectué un diagramme photographique complémentaire (n° 2) sur lequel nous avons relevé une forte intensité des raies à 9,85 Å et 4,40 Å, typiques de l'halloysite (2SiO_2 , Al_2O_3 , $4\text{H}_2\text{O}$) mais un flou important subsiste à l'extérieur de ces raies. Ces faits pourraient être mis en relation avec une hydratation élevée mais non suffisante de l'argile qui sera confirmée par l'analyse chimique. Nous aurions en réalité un mélange d'halloysite et de métahalloysite.

3) **Matériau brun-violacé intersticiel.**— **Poudre totale :**● *Etude aux Rayons X.*

Kaolinite : 7,17 - 4,38 - 3,55.

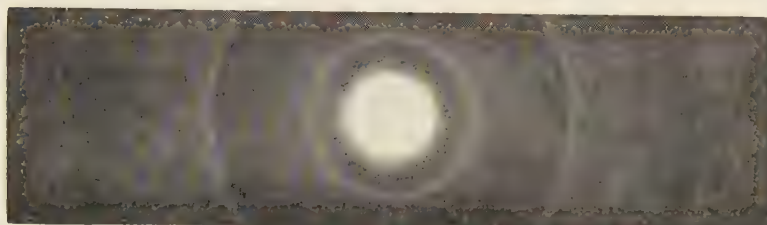
Goethite : 4,15 - 2,67 - 2,42.

Hématite : 3,65 - 2,49 - 2,67.

Quartz : 4,24.

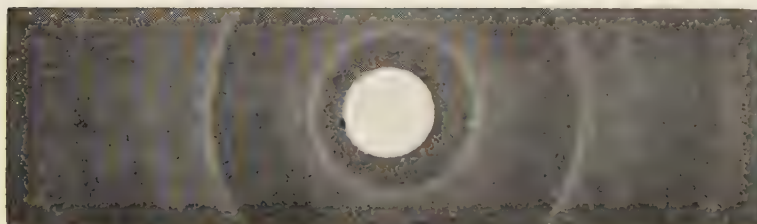
DIAGRAMMES RAYONS X

Appareils Philips - Grande chambre - Anticathode de Cu



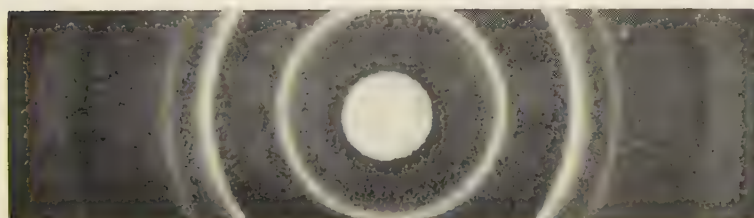
N° 1

Halloysite de référence



N° 2

Echantillon AYA.11 n° 2



N° 3

Métahalloysite de référence

TABLEAU VIII

PROFIL AYA. 8

I. — Éléments totaux par attaque triacide (sur échantillons séchés à 105°) en %.

	Roche totale							Fraction < 2 μ	
		C	D	E	G	F	H	H	
Fraction insoluble ...		29,56	7,28	57,85	58,53	21,03	22,86	0,23	
Fraction soluble :									
SiO ²		18,34	40,32	6,57	16,65	31,06	22,75	37,33	
Al ² O ³		22,72	34,42	7,62	10,78	25,01	21,30	33,76	
Fe ² O ³		11,54	6,39	21,26	6,11	9,00	17,11	13,64	
TiO ²		1,08	0,43	1,43	0,47	0,91	1,11	1,09	
P ₂ O ₅		0,01	0,03	0,06	0,03	0,05	0,21	0,11	
Perte au feu.....		10,86	11,21	4,90	2,92	10,55	12,48	15,05	
Total.....		94,11	100,08	99,69	95,49	97,61	97,62	101,21	
Rapport moléculaire :									
SiO ² /Al ² O ³		1,35	1,99	1,4	2,6	2,1	1,8	1,87	

PROFIL AYA. 8 (suite)

II. — Éléments totaux par attaque fluorhydrique (sur échantillons séchés à 105°) en %.

	A	B	C	D	E	G	F	H
SiO ²	59,83	40,27						
Al ² O ³	15,12	27,81						
Fe ² O ³	2,31	14,12				2,71	15,01	—
FeO.....	7,60	0,44				3,09	0,60	—
TiO ²	0,42	0,71						
P ² O ⁵	0,11	0,13						
CaO.....	2,84	0,49	0,10	0,06	0,10	0,80	0,16	0,11
MgO.....	0,52	0,23	0,10	0,03	0,05	0,06	0,06	<0,01
K ² O.....	1,61	0,94	1,03	0,36	1,20	0,62	0,54	0,31
Na ² O.....	5,40	0,79	1,95	1,07	1,05	3,45	0,55	0,76
Perte au feu.....	3,55	14,03						

PROFIL AYA. 8 (suite)

III. — Calcul des normes de la roche saine (A) et de deux faciès d'altération (B et G).

	A	B	G
Quartz.....	11,64	30,84	≤ 33,60
Orthose.....	9,44	5,56	3,33
Albite.....	45,58	6,28	28,83
Anorthite.....	12,22	2,21	3,89
Wollastonite.....	0,69	0	0
Enstatite.....	1,30	0,50	0
SiO ² FeO.....	11,48	0	2,74
Ilménite.....	0,80	0,92	0,91
Magnétite.....	3,01	0	3,71
Hématite.....	0	14,08	0
Corindon.....	0	24,68	8,97
Rutile.....	0	0,24	
Orthose/Plagioclase .	0,16	0,65	0,10
Anorthite %.....	26,80	35,10	13,40

IV. — Calcul de la composition minéralogique de l'argile tachetée (H) et de sa fraction argileuse (d'après les résultats de l'attaque triacide).

a) ARGILE TACHETÉE

	Millimolécules	Quartz	Kaolinite	Goethite	Gibbsite	Enexcès
SiO ² du quartz.	361	361				
SiO ² combinée.	362		362			
Al ² O ³	209		181		28	
Fe ² O ³	106			106		
TiO ²	13					
H ² O.....	693		362	106	84	241
En %.....		21,66	45,99	18,86	4,36	4,33

b) FRACTION $< 2 \mu$ DE L'ARGILE TACHETÉE

	Millimo- lécules	Quartz	Kaoli- nite	Goethite	Gibbsite	En excès
SiO ² du quartz.	3	3				
SiO ² combinée.	622		622			
Al ² O ³	331		311		20	
Fe ² O ³	85			85		
TiO ²	13					
H ² O.....	836		622	85	60	69
En %.....		0,23	80,23	13,6	3,1	1,24

TABLEAU IX

PROFIL AYA. 11

I. — Eléments totaux par attaque triacide sur roche totale
(échantillon séché à 105°).

	N° 1	N° 2	N° 3
Quartz + Insoluble.....	6,77	1,78	7,28
SiO ² . combinée.....	41,89	43,40	40,32
Al ² O ³	37,51	39,48	34,42
Fe ² O ³	0,41	1,30	6,39
TiO ²	0,19	0,21	0,43
P ² O ⁵	0,01	0,02	0,03
Perte au feu.....	14,33	13,84	11,21
Total.....	100,78	100,01	100,08
Rapport moléculaire			
SiO ² /Al ² O ³	1,88	1,86	1,99

N° 1 = Matériau blanc mat et violacé en masses diaclasiques.

N° 2 = Matériau blond cireux, en écailles.

N° 3 = Matériau blanc mat des diaclases (report de l'analyse du Profil AYA. 8).

PROFIL AYA. 11 (suite)

II. — Eléments totaux par attaque fluorhydrique (échantillon séché à 105°).

ÉCHANTILLON N° 2			
SiO ²	45,10	CaO.....	0,39
Al ² O ³	32,48	MgO.....	0,17
Fe ² O ³	4,90	K ² O.....	0,65
TiO ²	0,12	Na ² O.....	1,68
P ² O ⁵	0,05	H ² O.....	14,46

III. — Calcul de la composition minéralogique de l'échantillon AYA. 11 N° 2 (matériau blond cireux.)

a) ÉCHANTILLON SÉCHÉ A 105°

	Milli- molécules	Kaolinite	Gibbsite	Goethite	Déficit H ² O
SiO ² . du quartz.....	27				
SiO ² . combinée.....	723	723			
Al ² O ³	387	361	26		
Fe ² O ³	8			8	
H ² O.....	768	723	78	8	41
En %.....		93,22	4,05	14,2	

b) ÉCHANTILLON SÉCHÉ A L'AIR

	Milli- molécules	Kaolinite	Gibbsite	Goethite	Excès H ² O
SiO ² du quartz.....	25				
SiO ² combinée.....	682	682			
Al ² O ³	365	341	24		
Fe ² O ³	7			7	
H ² O.....	1035	682	72	7	274
En %.....		87,97	3,74	1,24	4,93

c. Analyses chimiques

Les résultats d'analyse obtenus par attaque fluorhydrique montrent que la roche saine (A) du profil AYA. 8 est peu quartzreuse (11,64 %), riche en plagioclases (rapport orthose/plagioclase : 0,16) et bien pourvue en mérasilicates de Ca, Mg et Fe ; elle peut être classée à la limite des diorites quartzifères.

Le faciès altéré « B », localisé autour des blocs de roche « A », accuse une perte très élevée en bases, principalement en Na_2O et CaO et un enrichissement relatif très important en quartz, alumine, fer et titane.

Dans le faciès d'altération « G » au niveau de la nappe phréatique, les résultats analytiques indiquent une proportion élevée de Na_2O dont l'influence a dû être déterminante dans la phase d'altération montmorillonitique développée à ce niveau.

Les résultats analytiques obtenus sur l'argile tachetée « H » et sa fraction $< 2 \mu$ nous permettent de faire un calcul approché de la composition minéralogique, suivant le diagnostic qualitatif des Rayons X et de l'analyse thermique différentielle.

Dans le matériau global d'argile tachetée, la kaolinite est évaluée à 46 % (tableau VIII-IV), chiffre représentant la totalité de la fraction argileuse reconnue dans l'analyse physique (45,5 %). Il est vraisemblable que ce chiffre élevé doit être rapporté en réalité à la fraction $< 20 \mu$ (limon + argile) si la dispersion de la partie colloïdale n'a pas été suffisante du fait d'une forte stabilité structurale des pseudo-sables ferrugineux. Leur présence est confirmée dans l'examen morphoscopique de la fraction sableuse. Une fraction importante de goethite a été calculée ; elle est fixée en partie sur la kaolinite, et constitue une fraction texturale des limons et des sables.

Dans la fraction $< 2 \mu$ du matériau « H », l'interprétation de l'analyse triacide pour évaluer la composition minéralogique, donne par contre des résultats assez concordants avec les mesures faites à la thermobalance : la fraction kaolinite est légèrement plus élevée (80 % au lieu de 75 %) ; par contre les teneurs en goethite et gibbsite calculées sont plus faibles (13,6 au lieu de 15 % pour la goethite ; 3,1 au lieu de 6 % pour la gibbsite).

Un calcul particulier a été fait sur les résultats analytiques de l'échantillon AYA. 11 n° 2 (matériau blond, cireux, prélevé autour de certains blocs de roche altérée), cités dans le tableau IX, avec ceux des échantillons voisins (AYA. 11 n° 1 et AYA. 8 D). Sur la poudre totale séchée à 105°, nous obtenons un taux de produit kaolinique de 93,2 %, identifié aux Rayons X comme une métahalloysite, ainsi qu'un peu de gibbsite (4,0 %) et de goethite dont la constitution entraîne un léger déficit en eau d'hydratation (0,7 %). Par contre, sur la poudre totale séchée à l'air, le calcul de la teneur en produit kaolinique suivant

la même formule ($2 \text{ SiO}_2, \text{ Al}_2\text{O}_3, 2 \text{ H}_2\text{O}$), en gibbsite et en goethite, révèle un fort excès d' H_2O hygroscopique mais qui n'est pas entièrement suffisant pour assurer la constitution d'une argile du type halloysite, à $4 \text{ H}_2\text{O}$. D'après cette interprétation et les caractéristiques roentnographiques très voisines de celles d'une halloysite, ce matériau blond cireux et les autres matériaux blancs, échantillonnés dans certaines plages diaclasiqes seraient des mélanges d'halloysite et de métahalloysite.

d. Conclusion

Les observations et analyses effectuées dans le profil AYA. 8 dont la roche-mère est une granodiorite, roche riche en oligoclase et hornblende, nous ont permis de situer deux types d'altération : le premier, du type III, représenté par la série d'échantillons A, B, C, D, E prélevés à faible profondeur ; le deuxième, du type IV, représenté par la série d'échantillons F, G, prélevés à plus grande profondeur et qui nous a conduit à anticiper sur les prochaines descriptions.

Il nous a paru utile cependant de ne pas dissocier ces deux types d'altération observables dans le même profil, et qui aboutissent à la constitution d'un matériau commun de produits de néoformation et de produits résiduels.

La première série d'altération du type III, sur les blocs isolés à quelques mètres de profondeur, se traduit au premier stade par une véritable pulvérisation microscopique de la roche, dans un milieu à pH légèrement acide (6,5), mais qui ne semble pas donner naissance à des minéraux argileux ou à des hydroxydes cristallisés. La chlorite et le mica, identifiés dans la fraction $< 2 \mu$ peuvent être considérés comme des minéraux préexistants dans la roche-mère. Cette première couche altérée est limitée à une faible épaisseur de 1 à 10 mm. Elle est entourée d'un cortex ferrugineux où la structure primitive de la granodiorite est encore reconnaissable, et que nous qualifierons de « pain d'épices » selon la terminologie classique employée dans la description de la latéritisation, mais où la destruction des minéraux est déjà très complète. La fraction colloïdale de ce cortex est constituée d'une argile du groupe kaolinique, identifiée comme de la métahalloysite, et d'hydroxydes cristallisés (goethite et gibbsite).

A l'emplacement des blocs de granodiorite complètement altérée, et dans les « diaclases » périphériques, orthogonales (Profil AYA. 8) ou concentriques (Profil AYA. 11), il s'opère une sélection dans la genèse des matériaux de néoformation :

d'une part, à l'emplacement des blocs de roche très altérée ne subsiste plus que du quartz, auquel est associée de la goethite (E),

d'autre part, dans les diaclases, une argile du groupe kaolinique (métahalloysite) s'est constituée avec la silice et les hydroxydes apportés

par les eaux de drainage sous forme de solutions vraies ou de pseudo-solutions.

Le faciès quadrillé du profil AYA. 8 (*voir photo 17*) pourrait laisser supposer que ces « diaclases » de métahalloysite correspondent à d'anciens filons de granodiorite à structure plus finement grenue, ou d'une autre roche filonienne différente au point de vue minéralogique. Or l'accumulation en couches concentriques fines autour des blocs résiduels du profil AYA. 11 ne pourrait s'expliquer selon la même hypothèse.

Lorsque l'architecture primitive de la zone d'altération s'affaisse à la suite de mouvements de masse développés en particulier pendant les saisons pluvieuses, nous obtenons un matériau homogène, dont l'importante fraction argileuse (40 à 45 % de la terre fine) est constituée de kaolinite, de goethite, de gibbsite.

La deuxième série d'altération de type IV montre que la transformation de la roche massive dans des conditions plus humides, à drainage réduit, conduit à la formation de produits argileux de type kaolinique et aussi montmorillonitique, et d'un hydroxyde, la goethite ; la gibbsite n'a pas été identifiée à ce stade de l'altération. Par contre dans les stades plus altérés de la roche massive, situés plus haut dans le profil, la fraction argileuse est exclusivement constituée par ordre d'importance quantitative : de kaolinite, goethite et gibbsite.

— Type IV. — Altération souterraine massive en milieu mal drainé.

Comme nous l'avons mentionné dans les généralités au début de ce chapitre, ce type d'altération souterraine est caractérisé dans une roche dont l'imprégnation diffuse permanente par des eaux de nappe phréatique assurerait l'installation de conditions réductrices ; le drainage limité provoquerait sur place une accumulation relative des éléments dissous.

Les conditions et les résultats de l'altération seront étudiés dans deux profils complets, l'un sur plateau (DIV. 4), l'autre dans un talweg (TO. 5). Des observations complémentaires dans les horizons d'altération d'autres profils (YAM. 8 - GEO 1) compléteront les données des deux premiers.

1. PROFIL DIV. 4

- Zone forestière centrale de la Côte d'Ivoire.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1 600 à 1 800 mm.
- Roche-mère : granite calco-alcalin.

Le profil a été étudié dans un puits d'une profondeur de 4,20 m, creusé sur plateau, dans la plantation DESCLERS à BOBIA, située sur la route reliant DIVO à GUITRY. Quelques gros blocs granitiques sont affleurant au voisinage de ce puits et nous ont permis de faire un prélèvement de roche saine. La topographie générale est faiblement vallonnée. L'altitude générale de la pénéplaine est de 80 à 100 m. Un talweg situé à quelques centaines de mètres au Sud, montre un niveau de source, à une dizaine de mètres d'altitude sous la bordure du plateau.

Dans le puits, la nappe phréatique était située, en février 1957, à 4 m de profondeur environ ; elle a des fluctuations de 1 à 2 m au cours des saisons pluvieuses.

Des échantillons d'eau ont été prélevés dans le puits et la source en avril 1959 ; ils ont livré les résultats analytiques suivants :

	pH	Ca	Mg	K	Na	Si
Puits du plateau.....	6,8	29,6	16,0	37,6	15,1	10,1
Source du thalweg.....	8,7	5,8	1,0	3,1	32,2	25,5

Résultats exprimés en pp. m.

Nous pouvons remarquer la minéralisation élevée de ces eaux, en particulier celle du puits. Les teneurs en silice sont fortes et dépassent nettement les résultats obtenus dans les eaux de vasques et les eaux de suintements citées précédemment (voir Tableaux). Les teneurs en bases sont inhabituelles pour une eau de nappe de granites. Par l'eau de source, l'évacuation du sodium est la plus caractérisée, ainsi que celle du calcium ; ces deux cations étant libérés par l'altération des plagioclases.

a. Morphologie du profil

L'horizon supérieur du profil n'a pu être observé en détail par suite de l'existence d'une margelle en ciment de quarante centimètres d'épaisseur.

- 0- 80 cm : brun rougeâtre (E.34) argilo-sableux riche en graviers anguleux de quartz, de la grosseur d'un pois et petites concrétions ferrugineuses arrondies et vernissées ;
- 80-120 cm : brun-rouge (E.34), argileux ; la proportion de graviers diminue progressivement avec la profondeur ;
- 120-200 cm : tacheté rouge (D.46) et jaunâtre diffus, argileux, en place, compact ;
- 200-300 cm : granite altéré, très friable en un matériau sableux, à texture plus grossière, micacé et feldspathique, de teinte brun-pâle (C.61) ;
- 400-420 cm : granite altéré friable en un matériau plus argileux, riche en sables grossiers feldspathiques et quartzeux appa-

remment moins micacés, de teinte blanchâtre et jaune pâle (C.72). Niveau permanent de la nappe phréatique ;
à 420 cm : granite altéré blanchi, très compact et très dur, occupant le fond du puits.

Les échantillons suivants ont été prélevés pour le profil DIV. 4 :

- Echantillon A : Granite peu altéré en affleurement superficiel, le plus représentatif de la roche saine.
- Echantillon B : Granite altéré à 400-420, au niveau permanent de la nappe phréatique.
- Echantillon C : Granite altéré à 300-320 cm, dans la zone de fluctuation de la nappe.
- Echantillon D : Granite altéré ferruginisé à 230-250 cm, formant transition avec l'argile tachetée.
- Echantillon E : Argile tachetée à 120-150 cm.
- Echantillon F : Argile rouge proche de la surface à 60-80 cm.

b. Etude des échantillons

Ech. A : La roche saine.

Granite calco-alcalin à 2 micas, très leucocrate, à structure finement grenue et engrenée, dont les minéraux suivants ont été déterminés en plaque mince :

- Quartz
- Plagioclases fortement séricitisés.
- Microcline frais.
- Biotite.
- Muscovite.
- Epidote assez rare.

Ech. B : Roche altérée blanchie friable.

Le granite est très friable et donne un matériau à texture sablo-argileuse dont la composition granulométrique est la suivante :

- Argile : 23,5 % de la roche séchée à l'air.
- Limon : 8,2 % de la roche séchée à l'air.
- Sable fin : 20,2 % de la roche séchée à l'air.
- Sable grossier : 46,5 % de la roche séchée à l'air.

— Mesure du pH : 6,28.

Les fractions $< 20 \mu$ et $< 2 \mu$ extraites après dispersion au pyrophosphate de Na ont donné les caractéristiques suivantes aux Rayons X.

— Fraction $< 20 \mu$:

Produit kaolinique : 7,19 - 3,55.

Montmorillonite (?) : bande étalée de 11,5 à 17,0 Å.

Quartz : 4,25 - 3,33.

Oligoclase : 4,03 - 3,18.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

Produit kaolinique : 7,21 - 3,55.

Montmorillonite (possible ?) : bande étalée entre 10,5 et 18 Å.

Après traitement au glycérol, la bande 10,5 - 18 est décalée entre 13 et 18 Å.

Après chauffage à 350°, nous obtenons une augmentation de l'intensité de la bande de raies situées vers 10 Å.

L'étalement des raies pourrait être interprété comme une interstratification de chlorite gonflante et de vermiculite, avec une faible quantité de montmorillonite.

La courbe d'analyse thermique différentielle confirme la présence de kaolinite (crochet endothermique à 555° et crochet exothermique à 940°) ; un crochet endothermique assez faible à 140° confirmerait la présence d'une faible proportion de montmorillonite.

Ech. C. : Roche altérée blanchie friable.

Elle donne, après désagrégation, un matériau plus sableux que l'échantillon précédent (B) et dont la composition granulométrique est la suivante :

- Argile : 3,7. %
- Limon : 6,2. %
- Sable fin : 30,0. %
- Sable grossier : 54,2. %

— **Mesure du pH** : 6,9.

Des déterminations ont porté sur les fractions $< 20 \mu$ et $< 2 \mu$. Elles ont donné les résultats suivants :

— **Fraction** $< 20 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Illite : 10,05.

Produit kaolinique : 7,22 - 3,55.

Quartz : 3,33.

Oligoclase : 3,18.

— **Fraction** $< 2 \mu$:

● *Etude aux Rayons X.*

Produit kaolinique : 7,10 - 3,55.

Montmorillonite : bande étalée entre 11 et 18 Å.

Après traitement au glycérol la bande (11-18) se trouve décalée entre 13 et 18 Å.

Après chauffage nous avons une modification peu sensible montrant une augmentation de l'intensité de la bande située vers 10 Å ; la proportion de montmorillonite est probablement très faible. Même

remarque sur l'interstratification probable de chlorite gonflante et de vermiculite comme dans l'échantillon B.

● *Analyse thermique différentielle.*

Elle confirme la présence de kaolinite (crochet endothermique à 576° et crochet exothermique à 960°) ; un crochet endothermique faible à 140° confirmerait la présence de montmorillonite.

● *Thermobalance.*

Elle permet d'évaluer la proportion de kaolinite à 70 % de la fraction argileuse.

Ech. D. : Roche altérée ferruginisée friable.

Elle donne après désagrégation un matériau meuble dont la texture est moins grossière que celle de l'échantillon (C) :

- Argile : 8,0 %.
- Limon : 10,2 %.
- Sable fin : 34,7 %.
- Sable grossier : 43,0 %.

— **Mesure du pH : 6,9.**

Des déterminations aux *Rayons X* ont porté sur les fractions $< 20 \mu$ et $< 2 \mu$.

— **Fraction $< 20 \mu$:**

Produit kaolinique : 7,24 - 3,55.
Quartz : 3,34 (faible).
Plagioclase : 3,18 (faible).

— **Fraction $< 2 \mu$:**

Produit kaolinique : 7,29 - 3,56 - 2,55 - 2,59 - 2,34 (les trois dernières raies sont mal différenciées).
Goethite : 4,15 - 2,67.

Ech. E : Argile tachetée jaune-rouge et jaune.

Matériau meuble dans lequel l'architecture primitive de la roche en place n'est plus reconnaissable et dont la constitution granulométrique est la suivante :

- Argile : 41,7 % de la terre fine séchée à l'air.
- Limon : 8,2 % de la terre fine séchée à l'air.
- Sable fin : 17,2 % de la terre fine séchée à l'air.
- Sable grossier : 28,1 % de la terre fine séchée à l'air.
- Fraction graveleuse $> 2 \text{ mm}$: 4,5 % de la terre totale.

— **Mesure du pH : 7,4.**

Il est utile de faire une remarque sur la valeur élevée de ce pH pour un horizon d'argile tachetée ; il est probable que ce fait est en relation

avec la présence d'une margelle en ciment qui libère suffisamment de calcium pour saturer les horizons supérieurs du profil.

Des déterminations thermiques et aux Rayons X ont été effectuées sur les fractions $< 20 \mu$ et $< 2 \mu$.

— **Fraction $< 20 \mu$:**

● *Etude aux Rayons X.*

Produit kaolinique : 7,22 - 3,55.

Goethite : 2,68.

Quartz : 4,24 - 3,33.

— **Fraction $< 2 \mu$:**

● *Etude aux Rayons X.*

Produit kaolinique : 7,22 - 4,40.

Goethite : 4,14.

Analyse thermique différentielle.

Elle confirme la présence de kaolinite (crochet endothermique à 555° et crochet exothermique à 960°) et indique la présence de gels d'hydroxydes (crochet exothermique à 368°).

Après déferrification, les crochets endothermique à 305° et exothermique à 350° disparaissent, indiquant de ce fait la nature ferrique des gels et la présence de goethite.

● *Thermobalance.*

Elle permet d'évaluer la proportion de kaolinite à 60 % de la fraction argileuse.

c. Analyses chimiques

TABLEAU X

ALTÉRATION DE TYPE IV (MASSIVE, MAL DRAINÉE)
AVEC PHASE MONTMORILLONITIQUE

PROFIL DIV. 4

I. Bases sur roche totale par attaque fluorhydrique (échantillon séché à 105°).

	B	C	D	E	F
	1 ^{re} Phase : Montmorillonite et Kaolinite		2 ^e Phase : Kaolinite et Goethite		
Profondeur en cm.....	400/420	300/320	230/250	120/150	60/80
CaO.....	0,70	0,20	0,13	0,09	0,15
MgO.....	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01
K ² O.....	2,10	2,16	1,30	1,40	1,30
Na ² O.....	3,40	2,10	1,12	1,0	0,92

II. — Eléments totaux sur fraction < 2 μ , par attaque triacide.

Quartz + Insoluble....	0,65	0,45
SiO ² combinée.....	44,60	41,07
Al ² O ³	34,38	35,09
Fe ² O ³	6,18	7,64
TiO ²	0,92	0,69
P ² O ⁵	0,13	0,24
Perte au feu.....	13,42	14,36
Total.....	100,28	99,54
Rapport moléculaire		
SiO ² /Al ² O ³	2,2	1,93

d. Conclusion

Dans un granite calco-alcalin à biotite et muscovite, le profil DIV 4 nous a montré une zone d'altération souterraine complète, peu profonde, dont l'évolution est en relation avec les fluctuations du niveau d'une nappe phréatique permanente.

En profondeur (4,20 m) au niveau permanent d'une nappe bien minéralisée en CaO, MgO, K²O et SiO², en milieu réducteur et à pH > 6

nous observons la formation de montmorillonite et de kaolinite. La roche altérée friable se désagrège facilement en un matériau sablo-argileux grossier, bien pourvu en argile (23 %).

La même association d'argiles (montmorillonite et kaolinite) est encore observée vers 3 m, au-dessus du niveau permanent de la nappe, mais la proportion de montmorillonite a diminué fortement et le granite en place se désagrège en un matériau sableux grossier (3 % d'argile).

Dans le granite ferruginisé, encore en place sous l'argile tachetée, la fraction argileuse est caractérisée strictement par un produit kaolinique et de la goethite. La texture de la roche très friable est sableuse, grossière, mais la proportion relative d'argile a augmenté (8 %).

Dans l'argile tachetée, la fraction $< 2 \mu$ de l'ordre de 40 à 45 % est composée de kaolinite, de goethite et de gels ferriques.

2. PROFIL TO. 5

— Zone centrale méridionale des savanes soudano-guinéennes de la Côte d'Ivoire, à l'intérieur du « V » BAOULÉ.

— Pluviométrie moyenne annuelle : 1 200 mm.

— Roche-mère : granite à biotite et hornblende.

Ce profil a été étudié à quelques kilomètres au Nord de TOUMODI, sur la route de BOUAKÉ, dans un fonds de thalweg à une dizaine de mètres du lit d'un petit marigot temporaire de saison des pluies. Une savane arbustive très dégradée recouvre cette région. Une petite galerie boisée (*Raphia*, *Phoenix*, *Vitex*...) s'est installée le long du marigot. Un échantillon de roche, partiellement altérée, a été prélevé dans un affleurement à proximité de ce profil, plus en amont.

a. Morphologie du profil

- 0- 20 cm : gris-foncé (D.90) sablo-humifère ;
- 20- 40 cm : gris-beige (D.10), sableux, humide ;
- 40- 75 cm : gris foncé, sableux grossier ;
- à 75 cm : niveau très graveleux (quartz) ;
- 80-100 cm : gris et jaunâtre argileux, nombreux points blanchâtres d'origine feldspathique ;
- 100-120 cm : tacheté jaunâtre rouille (E.56) et gris (D.10) argilo-sableux grossier avec de nombreux graviers ferruginisés ;
- 120-170 cm : tacheté gris et verdâtre (E.82) avec nombreux éléments feldspathiques altérés blanchis, argilo-sableux grossier ;
- 170-205 cm : roche verdâtre, avec larges trainées rouilles, très micacée, sables quartzeux, très humide ;
- à 205 cm : roche altérée dure (arrêt du sondage).

La description morphologique de ce profil permet de distinguer d'une part la partie haute nettement colluviale jusqu'au niveau de

graviers quartzeux, de 0 à 80 cm environ ; d'autre part, la partie profonde constituant la zone d'altération de la roche. Le milieu d'altération est très humide, bien que les observations datent du mois de mai, c'est-à-dire à la fin de la grande saison sèche.

Après un certain temps une petite quantité d'eau s'était accumulée dans le fonds du sondage. Le prélèvement effectué sur elle présentait les caractères analytiques suivants :

pH	Ca	Mg	K	Na	Si	Fe
7,2	49,8	14,4	32,9	4,6	4,3	0,04

Résultats exprimés en p.p.m.

Cette eau à pH neutre est fortement minéralisée en Ca, Mg et K, mais moins bien pourvue en silice que les eaux citées avec le profil DIV. 4.

Les échantillons suivants ont été prélevés pour étude de l'altération :

- Echantillon A : Roche en affleurement, partiellement altérée.
- Echantillon B : Horizon verdâtre de roche altérée à 170-200 cm.
- Echantillon C : Horizon argileux tacheté jaunâtre et gris à 100-120 cm.

Le prélèvement, fait à la sonde, rendait difficile l'observation de la structure ; on ne pouvait savoir notamment si celle de la roche altérée (3) était encore intacte. La roche profonde à plus de 170 cm n'a pu être prélevée.

b. Etude des échantillons

Ech. A : La roche en affleurement.

Granite leucocrate, partiellement altéré et déjà un peu friable. L'examen en plaque mince permet d'identifier les minéraux suivants :

- Quartz.
- Plagioclases souvent zonés et séricitisés.
- Microcline.
- Biotites plus ou moins altérées.
- Hornblende verte.
- Epidote.
- Apatite.
- Sphène, presque complètement substitué par de l'oxyde de fer.
- Allanite partiellement altérée.
- Zircon rare.

La roche présente une structure grenue à plagioclases automorphes, mais se rapprochant de la structure monzonitique, car les plagioclases sont souvent noyés dans le microcline.

Ech. B : La roche altérée verdâtre (150-170 cm).

L'analyse mécanique effectuée sur cette roche très altérée, facilement désagrégée, donne les résultats suivants :

- Argile : 11,5 % de la masse séchée à l'air.
- Limon : 10,0 % de la masse séchée à l'air.
- Sable fin : 21,9 % de la masse séchée à l'air.
- Sable grossier : 53,1 % de la masse séchée à l'air.

— **Mesure du pH : 7,3.**

Une fraction argileuse a été extraite par dispersion au pyrophosphate de Na pour examens aux *Rayons X*. Les éléments suivants ont été identifiés :

Montmorillonite : 14,7.
Produit kaolinique : 7,25- 3,54.
Quartz : 3,34.

Après traitement au glycérol, la raie à 14,7 passe à 18 Å ; après chauffage à 350°, la raie à 14,7 Å passe à 10 Å.

La courbe d'analyse thermique différentielle confirme la présence de montmorillonite (crochet endothermique à 140°) de kaolinite (crochet endothermique à 570° et crochet exothermique à 920°) et de gels d'hydroxydes (crochet exothermique faible à 350°).

Ech. C : La zone tachetée, jaunâtre et gris (100-120 cm).

La composition granulométrique de ce matériau meuble dans lequel la structure de la roche n'est plus reconnaissable, est la suivante :

- Argile : 36,7 %.
- Limon : 10,0 %.
- Sable fin : 14,8 %.
- Sable grossier : 30,3 %.

— **Mesure du pH : 5,63.**

Un examen aux *rayons X* de la fraction $< 2 \mu$ saturée en Mg, a permis d'identifier les minéraux suivants :

Montmorillonite : 15,25.
Produit kaolinique : 7,20 - 3,56.
Quartz : 4,24 - 3,34.

Après traitement au glycérol, la raie à 15,25 passe à 18 Å.

Après chauffage, la raie à 15,25 passe à 10 Å.

La courbe d'analyse thermique différentielle confirme la présence de montmorillonite par un crochet endothermique à 132° et de kaolinite par un crochet endothermique à 555° et un crochet exothermique à 928°, accoudé et évasé (indice également de produit montmorillonitique).

TABLEAU XI

ALTÉRATION DE TYPE IV (MASSIVE, MAL DRAINÉE)
AVEC PHASE MONTMORILLONITIQUE

Eléments totaux par attaque fluorhydrique (échantillon total
séché à 105°).

I. SUR GRANITE CALCO-ALCALIN A BIOTITE
ET MUSCOVITE

	PROFIL YAM. 7		PROFIL YAM. 8	
	Fonds de talweg		Sondage profond sur bas de pente	
	Roche altérée	« Argile »	A. Roche saine	B. Roche altérée
Profondeur.....	130 cm	70 cm	58 m	25 m
SiO ²	72,50	79,92	73,04	71,31
Al ² O ³	13,84	10,58	14,67	14,34
Fe ² O ³	2,30	2,10	1,40	1,00
TiO ²	0,14	0,17	0,08	0,08
P ² O ⁵	0,21	0,19	0,08	0,08
CaO.....	1,21	1,04	2,03	1,12
MgO.....	0,03	0,03	0,08	0,42
K ² O.....	2,90	1,03	3,78	6,60
Na ² O.....	4,02	1,46	5,56	4,69
Perte au feu.....	2,94	3,46	0,28	0,36

II. SUR GRANITE CALCO-ALCALIN A BIOTITE ET AMPHIBOLE

	PROFIL TO. 5	
	Roche altérée	« Argile »
Profondeur.....	170-200 cm	100-120 cm
SiO ²	65,78	72,60
Al ² O ³	16,55	15,18
Fe ² O ³	4,50	4,00
TiO ²	0,36	0,36
P ² O ⁵	0,04	0,01
CaO.....	2,37	0,90
MgO.....	1,06	0,51
K ² O.....	1,96	1,16
Na ² O.....	4,84	2,17
Perte au feu.....	2,54	3,11

3. PRÉLÈVEMENT GEO. 3

Une observation complémentaire d'une altération de type IV sur granodiorite, dans des conditions très voisines de celle du profil TO. 5, a été faite dans la région de BOUAFFLÉ, au km 30 de la route BOUAFFLÉ-YAMOOUSSOUKRO, à la plantation GEOFFROY.

- Zone limite forêt-savane sur la branche Ouest du « V » BAOULÉ.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1 200 mm.
- Roche-mère : granodiorite.

Le prélèvement, peu profond (70 cm) a été effectué dans un talweg large d'une centaine de mètres sur la bordure latérale Sud d'un petit marigot permanent. La partie centrale du talweg est fréquemment inondée en saison pluvieuse. La végétation actuelle était constituée d'une prairie dense à *Pennisetum purpureum* et d'une galerie forestière typique, partiellement dégradée le long du marigot.

La roche saine affleure au milieu du talweg sous forme d'énormes blocs arrondis, de plusieurs mètres cubes.

a. Morphologie du profil

- 0-23 cm : brun-foncé, sablo-argileux, humifère ;
- 25-40 cm : gris-foncé, sablo-argileux, avec niveau de petites concrétions noires manganésifères ;

- 40-70 cm : gris foncé, argileux, très compact, humide, avec de petites concrétions calcaires disséminées dans l'argile ;
 à 70 cm : roche altérée en place, gris foncé (D.61) avec de nombreux points blanchis d'origine feldspathique, masse compacte, mais friable, humide.

b. Etude des échantillons

Deux prélèvements ont été étudiés pour la phase d'altération : la roche en affleurement (A), la roche altérée souterraine (B).

Ech. A : La roche saine.

Roche leucocrate dont l'examen en plaque mince a montré une structure grenue cloisonnée et a permis d'identifier les minéraux suivants :

- Quartz.
- Plagioclases séricitisés et même saussuritisés, parfois zonés.
- Microcline plus rare.
- Biotite verte.
- Sphène.
- Epidote abondante.
- Zircon rare.

Ech. B : La roche altérée.

— **Mesure du pH : 6,9** (sur roche broyée).

— **Etude de la fraction** $< 2 \mu$ extraite après dispersion au pyrophosphate de Na.

● *Rayons X.*

Montmorillonite : 14,5.

Produit kaolinique : 7,22 - 3,55.

Quartz : 3,33.

Après traitement au glycérol, la raie à 14,5 passe à 18,5 Å.

Après chauffage à 350°, la raie à 14,5 passe à 10,1 Å.

● *Analyse thermique différentielle.*

Elle confirme la présence de montmorillonite par un large crochet endothermique à 132°, de kaolinite par un crochet endothermique à 556° et un crochet exothermique à 915° ; elle indique la présence de gels d'hydroxydes par un crochet exothermique à 350°.

4. PROFIL YAM. 8

— Zone forêt-savane du centre de la Côte d'Ivoire, sur la branche Ouest du « V » BAOULÉ.

— Pluviométrie moyenne annuelle : 1 200 à 1 400 mm.

— Roche-mère : granite calco-alcalin à biotite et muscovite.

Les échantillons étudiés dans ce profil proviennent d'un sondage effectué par le Service Hydraulique pour l'alimentation en eau de la ville de YAMOUSSOUKRO. Le sondage a été implanté sur le bas de pente d'un talweg et traverse des colluvions sableuses quartzеuses profondes avant de rencontrer les premiers blocs de roche altérée à 13,5 m. La roche saine a été observée et prélevée dans le même sondage à 58 m.

a. Morphologie du sondage

- 0,5 m à 1,8 m : beige, sableux, avec quelques concrétions ferrugineuses de types alios ;
- 1,8 m à 4 m : gris-beige clair, sableux plus grossier mélangé à des agrégats plus argileux de teinte gris-verdâtre ; présence de graviers quartzеux, émoussés et ferruginisés ;
- 4 m à 7 m : gris clair, sableux micacé, rares graviers quartzеux ;
- 7 m à 10 m : ocre beige, sableux, peu micacé ;
- 10 m à 13,7 m : gris verdâtre, sableux micacé, quelques éléments granitiques altérés très friables ;
- 13,7 m à 17 m : granite altéré blanchi, plages jaunâtres ; très fissuré et friable ;
- 17 m à 19 m : gris clair, sableux grossier avec quartz, mica et feldspath ;
- 19 m à 58 m : granite altéré blanchi, plages jaunâtres, plus clair, moins friable ;
- à 58 m : roche saine.

Trois échantillons de roche ont été prélevés pour l'étude de l'altération :

- Echantillon A : Roche saine, à 58 m.
- Echantillon B : Roche altérée, à 25 m.
- Echantillon C : Roche altérée, à 16-17 m.

b. Etude des échantillons

Ech. A : La roche saine.

Granite gris bleuté, leucocrate, à structure grenue simple, dans lequel les minéraux suivants ont été observés sur plaque mince :

- Quartz.
- Plagioclases plus ou moins séricitisés.
- Microcline.
- Biotite.
- Chlorite.
- Muscovite, assez rare.
- Epidote.

— Zircon rare.

— Sphène rare.

Ech. B : La roche altérée (25 m).

— **Mesure du pH : 6,7** (sur roche broyée).

— **Fraction** $< 2 \mu$ extraite après broyage et dispersion au pyrophosphate de Na.

● *Etude aux Rayons X.*

Elle a permis d'identifier d'abord des minéraux de la roche :

Quartz : 4,23.

Oligoclase : 4,03 - 3,18.

Mica : 10,05.

Microcline : 3,23 peu visible.

La fraction $< 2 \mu$ comprend également un **produit kaolinique** (raie à 7,25-3,55) et un autre minéral partiellement de type **montmorillonitique** (bande à 12,5 Å).

Après traitement au glycérol, cette bande à 12,5 Å passe à 19 Å ; après chauffage, elle passe à 10 Å, confirmant la présence de montmorillonite.

La courbe d'analyse thermique différentielle confirme la présence de kaolinite (crochet endothermique à 535° et crochet exothermique à 920°, faible et très évasé ; elle montre également des crochets endothermiques à 200°, 325° (faible) et 400°, difficilement interprétables.

Ech. C : La roche altérée (16-17 m).

— **Mesure du pH : 6,3** (sur roche broyée).

— **Fraction** $< 2 \mu$ extraite par broyage et dispersion au pyrophosphate de Na.

● *Etude aux Rayons X.*

Elle a donné les résultats suivants :

Produit kaolinique : 7,22 - 3,56.

Montmorillonite : bande étalée vers 15 Å.

Illite : 10,05 - 3,35.

Quartz : 4,22 - 3,35.

Oligoclase : 4,04 - 3,19.

Après traitement au glycérol, la bande à 15 Å passe entre 17,5 et 20 Å.

Après chauffage, elle passe à 10 Å, confirmant ainsi la présence de montmorillonite.

Les arènes situées au-dessus de ces échantillons de roche et entre eux, ont la constitution granulométrique suivante :

à 10-13 m. à 17-19 m.

- Argile : 1,5 % et 2,0 % de la terre fine séchée à l'air.
- Limon : 3,5 % et 1,7 % de la terre fine séchée à l'air.
- Sable fin : 19,6 % et 8,7 % de la terre fine séchée à l'air.
- Sable grossier : 76,2 % et 88,5 % de la terre fine séchée à l'air.
- Gravier > 2 mm : 2,6 % et 8,9 % de la terre totale.

— Mesure du pH : 5,8 et 5,9.

c. Conclusion

La profondeur de 58 m où apparaît seulement le faciès sain du granite met en évidence la grande épaisseur de la zone d'altération, avant la transformation en matériau meuble arénacé. La roche saine profonde présente cependant une séricitisation des plagioclases, mais moins développée que dans les affleurements superficiels.

La zone d'altération se maintient à un pH voisin de la neutralité (6,7), légèrement plus acide dans les blocs supérieurs à proximité des arènes (6,3).

Des minéraux argileux de néoformation ont été caractérisés dans la fraction < 2 μ de ces roches altérées profondes ; ce sont la kaolinite, la montmorillonite et probablement de l'illite. Les déterminations aux Rayons X et à l'analyse thermique ont permis de les identifier mais laissent pressentir des associations « argileuses » plus complexes sur lesquelles nous ne pouvons donner de précision complémentaire. Certains minéraux primaires du granite (quartz-oligoclase) se retrouvent également dans la fraction < 2 μ .

Les arènes issues de l'altération profonde de ces roches sont sableuses, grossières (quartz, feldspaths altérés, mica) et représentent la zone de localisation des eaux phréatiques qui assurent l'imprégnation diffuse permanente du milieu en voie d'altération.

B. — LES MATERIAUX ISSUS DE L'ALTÉRATION

Nous désignerons sous ce terme les matériaux meubles constituant « l'argile tachetée » en contact avec la roche très altérée et qui nous ont paru dérivés directement du granite primitif sans que des possibilités de transport aient eu lieu. La situation autochtone de ces matériaux est fréquemment confirmée dans les coupes par des filons de quartz, plus ou moins morcelés mais en place, par des filons de pegma-

tites présentant des faciès d'altération différents du milieu environnant et dont la position n'a pas encore changé d'une manière appréciable.

De l'étude des profils cités précédemment, quelques faits essentiels peuvent être dégagés, sur l'altération des granites dans les conditions forestières tropicales de la Côte d'Ivoire.

À l'origine, les roches sont différentes du point de vue structural (granites et migmatites) et minéralogique (granite calco-alkalin à muscovite, à biotite et muscovite, à biotite et hornblende, granodiorite) de caractère très leucocrate à leucocrate ; les modalités de contact entre la roche et l'eau agent d'altération sont différentes (Type I - II - III - IV).

Dans le matériau global, clôturant en quelque sorte la phase d'altération minérale, après l'effondrement des dernières architectures rappelant la roche primitive, nous trouvons une argile du **groupe kaolinique**, de la **goethite** et de la **gibbsite**, des **gels d'hydroxydes** et des **minéraux résiduels** abondants comme le quartz et parfois la muscovite, ou en faible proportion (restes de feldspaths et quelques minéraux lourds). Le rapport moléculaire $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ est légèrement inférieur à 2 ou voisin de cette valeur. Le complexe colloïdal est fréquemment désaturé. Nous avons selon la classification pédologique actuelle, un matériau **latéritique ou ferrallitique**.

Nous sommes arrivés à ce terme :

— **soit directement**, dans le cas des types d'altération I - II - III lorsque le drainage était suffisamment efficace pour assurer dans la roche, l'entraînement des produits dissous (bases et silice) ; et après un premier stade de microdivision des minéraux (blanchiment), nous avons trouvé, en association : **kaolinite**, **gibbsite** et **goethite**, les éléments de la trilogie ferrallitique,

— **soit indirectement** (type IV) lorsque dans la partie profonde des profils le drainage n'a plus une efficacité suffisante et conduit à un enrichissement du milieu en silice et en bases libérées des silicates, avec un pH neutre ou légèrement alcalin. Nous observons alors la formation d'un **produit montmorillonitique** et de **produits interstratifiés** à 12-14 Å associés à de la **kaolinite**. La proportion des minéraux à 12-14 Å devient de moins en moins importante dans la partie haute des profils lorsque les conditions de drainage sont plus saines. L'évolution « montmorillonitique » est donc transitoire ; elle est localisée aux roches profondes et mal drainées ; elle peut cependant se maintenir proche de la surface du sol, dans certaines zones topographiques basses où la silice et les bases ont tendance à s'accumuler dans des nappes superficielles.

Le tableau récapitulatif (XII) ci-après, groupe tous les résultats analytiques intéressant des échantillons de ces matériaux ferrallitiques issus de l'altération des granites calco-alkalins et des granodiorites.

TABLEAU XII

Tableau récapitulatif des résultats analytiques sur huit échantillons d' « ARGILE TACHETÉE »

Echantillons	AYA. 9	AYA. 8	W. 8	DIV. 5	DIV. 6	DIV. 8	BRA. 6	AGV. 3
Roche-mère.....	γ'''	γ''''	γ_{Gb}	γ_m'''	γ_m'''	$\gamma_{Gb a}'''$	γ_b'''	γ_m'''
Profondeur	12 m	4 m	1 m	40-50 cm	2-2,5 m	30-40 cm	1 m	1,5 m
Composition minéralogique de la fraction < 2 μ ...	Kaolinite	Kaolinite Goethite Gibbsite	Kaolinite Goethite Gibbsite	Kaolinite Goethite Gibbsite (f) Gels Quartz	Kaolinite Goethite	Kaolinite Goethite Goethite Gibbsite ? Gels	Kaolinite Illite Goethite Gibbsite (f)	Kaolinite Illite
Principaux minéraux résiduels dans les sables ..	Quartz	Quartz Horn- blende Ilménite	Quartz	Quartz Muscovite	Quartz Muscovite	Quartz Horn- blende	Quartz Muscovite	Quartz Muscovite
Éléments totaux (attaque triacide sur poudre totale séchée à 105°) en %.								
Quartz + Inso-								
luble.....	32,41	22,86	38,69	58,88	39,98	60,13	39,24	54,41
SiO ² combinée ..	30,03	22,75	15,46	17,06	25,77	14,54	25,85	20,60
Al ² O ³	22,55	21,30	18,59	15,63	21,58	13,18	20,03	16,04
Fe ² O ³	3,07	17,11	11,60	2,10	2,89	3,93	4,39	1,23
TiO ²	0,61	1,11	1,15	0,35	0,26	0,52	0,54	0,10
P ² O ⁵	0,04	0,21	0,22		0,04	0,04	0,04	—
H ² O.....	10,49	12,48	11,45	5,07	8,03	5,81	8,62	6,46

CHAPITRE II

PHASE PÉDOGÉNÉTIQUE

Nous aborderons dans cette deuxième partie la description des principaux types de sols dérivés de l'altération de granites et granodiorites en Côte d'Ivoire forestière. Nous analyserons ensuite les relations existant entre les caractères physico-chimiques des sols et certains facteurs d'évolution comme la **pluviométrie**, la **roche-mère**, la **végétation**, ainsi que l'influence de la **paléopédologie** sur la morphologie de certains profils.

A. — LES « GROUPES » DE SOLS DESCRIPTION ET CARACTÈRES GÉNÉRAUX

Les profils décrits seront groupés en fonction de la nature autochtone ou allochtone des matériaux du sol. Dans une région granitique homogène, la topographie régit la répartition des matériaux originels issus de l'altération de la roche, sous l'influence du ruissellement et de l'érosion : arrachement des matériaux superficiels sur les plateaux et pentes, sélection granulométrique et dépôts plus ou moins lointains sur les bas de pente et dans les talwegs. Aussi nous distinguerons dans notre répartition de sols :

1. **Les sols de plateaux et de pentes** dont le substratum altéré plus ou moins profondément est en place et où seuls les horizons superficiels ont subi un remaniement latéral limité.

2. **Les sols de bas de pente et les sols de talwegs** formés sur colluvions et alluvions arrachées des régions topographiquement plus élevées et constituant en quelque sorte une roche-mère secondaire des régions granitiques.

Nous aboutissons à une chaîne topographique de sols (« catena ») constituée aux dépens de matériaux ferrallitiques issus d'une même roche, le granite ; les sols se différencient alors par la nature de leurs matériaux superficiels sur lesquels le lessivage et l'hydromorphie joueront avec des intensités variables.

Une mention particulière sera faite sur les sols constitués par accumulation organique sur le sommet et les pentes des dômes granitiques.

— *Remarques :*

1. Dans ce texte, le terme de plateau est surtout représentatif d'un sommet de mamelon aux pentes faibles, convexes, élément caractéristique du modelé des régions granitiques (ROUGERIE).

2. Les profils décrits proviennent de sondages ou ont été observés dans des tranchées creusées à l'occasion de travaux.

3. Après la description morphologique du profil et les caractères analytiques des échantillons prélevés, les caractères généraux de chaque « groupe » de sols seront résumés en tenant compte éventuellement de résultats que nous ne pourrions citer sans surcharger ce travail.

4. Un tableau final d'ensemble situera la position des différents « groupes » de sols et leurs profils les plus représentatifs dans la classification générale des sols de G. AUBERT.

5. Le mot « groupe » employé dans ce texte ne doit pas être confondu avec le même terme de la classification de G. AUBERT, où il exprime un certain degré dans l'action d'un processus.

Sommaire de la répartition des « groupes » de sols

- I. — SOLS DE PLATEAUX ET PENTES, évolués sur matériaux originels en place.
- II. — SOLS DE BAS DE PENTE sur colluvions sableuses profondes.
- III. — SOLS DE TALWEGS sur colluvions ou alluvions.
- IV. — SOLS ORGANIQUES DES DOMES GRANITIQUES.

I. — SOLS DE PLATEAUX ET PENTES, ÉVOLUÉS SUR MATÉRIAUX ORIGINELS EN PLACE.

1. — PROFIL W. 8

- Localisation : 3 km au Nord de TABOU, travaux de l'aérodrome.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 2 500 à 3 000 mm.
- Topographie : plateau.
- Végétation : recru forestier sur débroussement (forêt pélohygrophile de faciès sassandrien).
- Roche-mère : migmatite calco-alcaline à biotite.

a. Morphologie

(voir photo n° 16)

0-5 cm : gris-brun foncé, sablo-argileux, humifère, grumeleux, litière végétale superficielle peu abondante ;

- 5- 15 cm : brun sablo-argileux ;
 15- 55 cm : brun ocre clair, argilo-sableux, structure nuciforme, nombreux graviers quartzeux et petites concrétions ferrugineuses ;
 55-135 cm : brun ocre-clair, argileux, compact, nombreux graviers de quartz ferruginisé, éléments de roche-mère ferruginisée (pain d'épices) ;
 135-180 cm : roche granitique altérée.

b. Caractères analytiques des prélèvements

	W.81	W.82	W.83
Profondeur.....	0-10	40	100
Refus > 2 mm.....	1,3	17,8	50
Argile..... %	21,2	34,5	45,7
Limon..... %	6,5	7,5	8,5
Sable fin..... %	32,0	19,4	14,8
Sable grossier..... %	36,2	34,5	27,6
Matière Organique..... %	3,0		
Rapport C/N.....	13,1		
pH.....	5,2	5,1	5,0

Bases échangeables en meq %.

CaO.....	0,79	0,52	0,63
MgO.....	0,29	0,06	0,10
K ² O.....	0,12	0,06	0,06
Na ² O.....	0,09	0,08	0,29
Somme.....	1,29	0,72	1,08
Capacité d'échange.....	5,64	4,10	4,01

Éléments totaux (sur terre fine séchée à 105°, par attaque triacide)

Quartz + insoluble.....	70,97	56,87	38,69
SiO ² . combinée.....	6,37	10,90	15,46
Al ² O ³	7,83	12,48	18,59
Fe ² O ³	6,04	8,03	11,60
TiO ²	0,95	1,16	1,15
P ² O ⁵	0,24	0,29	0,22
Perte au feu.....	6,80	8,39	11,45
Total.....	99,20	98,12	97,16

Rapports moléculaires

SiO ² /Al ² O ³	1,3	1,4	1,4
SiO ² /R ² O ³	0,8	0,9	0,9

2. PROFIL DIV. 6

— Situation : village de SOKOTA, km 20 de la route DIVO-TIASSALÉ.

— Pluviométrie moyenne annuelle : 1 500 à 1 800 mm.

— Topographie : pente.

— Végétation : forêt secondaire mésophile.

— Roche-mère : granite calco-alkalin à muscovite.

a. Morphologie

(voir photos nos 19, 20, 21)

0- 5 cm : gris, sableux, humifère, structure particulière ;

5- 60 cm : beige, sablo-argileux, très légèrement compacté, nombreuses racines ;

60- 90 cm : niveau caillouteux constitué de graviers de quartz et de quelques petites concrétions ferrugineuses, et d'un matériau sablo-argileux beige ; racines plus rares ;

90-130 cm : rougeâtre clair avec trainées diffuses jaunâtres, rosées et grises ; argileux ; la densité des graviers diminue en profondeur ;

130-250 cm : tacheté blanc, rouge et ocre jaune, taches bien individualisées, argileux, compact.

Le niveau graveleux a pu être suivi sur une centaine de mètres dans l'ensemble de la tranchée routière où a été observé le profil. Le niveau dense épais de 10 à 30 cm, décrit une ligne festonnée, entre 50 cm et 1 m de profondeur en suivant la topographie, il sépare nettement deux zones du sol : La zone inférieure d'argile tachetée n'ayant subi aucun déplacement latéral et où les filonnets de quartz issus de la roche sont encore en place. La zone supérieure de teinte beige homogène constituée de matériaux remaniés, plus sableux. Les graviers de quartz sont anguleux, légèrement ferruginisés. Des éléments de mica blanc se retrouvent encore à tous les niveaux du sol.

b. Caractères analytiques des prélèvements

	DIV.61	DIV.62	DIV.63	DIV.64	DIV.65
Profondeur.....	0-10	30-40	70-80	100-110	200-250
Refus > 2 mm.....	0	0	36,7	1,9	0
Argile..... %	13,5	24,0	29,7	45,0	42,0
Limon..... %	8,0	7,7	8,2	8,0	13,0
Sable fin..... %	40,7	31,1	26,5	19,6	18,5
Sable grossier..... %	32,7	35,0	34,0	23,6	24,0
Matière Organique.. %	2,7				
Rapport C/N.....	8,6				
pH.....	6,6	6,4	6,3	5,6	5,4

Bases échangeables en meq %

CaO.....	7,82	2,28	2,0	2,6	2,27
MgO.....	1,42	0,88	1,16	1,32	1,36
K ² O.....	0,17	0,11	0,37	0,45	0,22
Na ² O.....	0,05	0,05	0,06	0,07	0,06
Somme.....	9,46	3,32	3,52	4,44	3,91
Capacité d'échange	10,69	4,04	4,37	5,71	5,08

Eléments totaux (sur terre fine séchée à 105°, par attaque triacide)

Quartz + insoluble	79,61	71,96	63,86	49,46	39,98
SiO ² combinée.....	7,74	11,71	14,85	21,46	25,77
Al ² O ³	7,79	10,66	13,72	17,81	21,58
Fe ² O ³	0,76	1,16	2,0	2,33	2,89
TiO ²	0,14	0,17	0,25	0,27	0,26
P ² O ⁵	0,06	—	0,04	0,05	0,04
H ² O.....	5,12	3,67	4,77	7,06	8,03
Total.....	99,22	99,23	99,48	98,45	98,55

Rapports moléculaires

SiO ² /Al ² O ³	2,2	1,8	1,8	2,0	2,0
SiO ² /R ² O ³	1,5	1,7	1,6	1,8	1,8

3. PROFIL LAG. 5

— Situation : réserve forestière de DIVO, km 6 route DIVO-TIASSALÉ.

— Pluviométrie moyenne annuelle : 1 500 à 1 800 mm.

— Topographie : sommet de plateau.

— Végétation : forêt mésophile.

— Roche-mère : granite calco-alcalin à biotite.

a. Morphologie

- 0- 10 cm : gris foncé, sableux, humifère, feutrage de racines sur 4 à 5 cm - structure particulière ;
- 10- 40 cm : brun rougeâtre, sableux à sablo-argileux, structure grumeleuse grossière ;
- 40- 60 cm : brun rougeâtre, avec taches diffuses ocre-jaune et rougeâtre, argilo-sableux, petits graviers de quartz et concrétions ferrugineuses ;
- 70-100 cm : brun-rouge clair, tacheté ocre-jaune et rouge, argileux ;
- 100-220 cm : tacheté brun-rouge, ocre-jaune et gris ; taches grises à gris-blanc, plus denses en profondeur. argileux.

b. Caractères analytiques des prélèvements

	LAG.50	LAG.51	LAG.52	LAG.53	LAG.54
Profondeur.....	0-10	20-30	40-60	100-120	200-220
Refus > 2 mm.....	0	13,4	16,9	1,4	0
Argile..... %	13,5	15,0	35,2	54,2	50,2
Limon..... %	3,7	4,2	3,5	8,0	14,5
Sable fin..... %	27,7	28,2	17,0	14,1	12,7
Sable grossier..... %	49,4	51,0	38,9	18,3	16,4
Matière Organique %	2,7				
Rapport C/N.....	9,5				
pH.....	6,3	6,4	6,1	5,6	

Bases échangeables en meq %

CaO.....	9,06	2,14	2,50	1,88	1,15
MgO.....	2,0	0,56	1,08	1,34	0,30
K ² O.....	0,10	0,07	0,08	0,10	0,03
Na ² O.....	0,03	0,06	0,05	0,07	0,07
Somme.....	11,19	2,83	3,71	3,39	1,55
Capacité d'échange ..	12,50	3,63	4,89	5,33	4,29

Eléments totaux (sur terre séchée à 105°, par attaque triacide)

Quartz + insoluble...	84,17	58,54	30,77	27,54
SiO ² combinée	5,85	15,72	26,92	29,61
Al ² O ³	5,07	13,93	23,27	24,77
Fe ² O ³	1,57	4,76	7,75	6,63
TiO ²	0,52	0,62	0,88	0,88
P ² O ⁵	0,04	0,10	0,16	0,10
H ² O.....	2,52	6,28	9,99	10,14
Total.....	99,74	99,95	99,74	99,67

Rapports moléculaires

SiO ² /Al ² O ³	1,9	1,9	1,9	2,0
SiO ² /R ² O ³	1,5	1,5	1,5	1,6

4. PROFIL TO. 7

- Situation : km 4 de la route de TOUMODI à BOUAKÉ.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1 200 mm.
- Topographie : sommet de plateau.
- Végétation : îlot de brousse secondaire d'origine forestière entourée de savane guinéenne dégradée.
- Roche-mère : granite à biotite et hornblende.

a. Morphologie

- 0- 15 cm : gris foncé, sableux, humifère ;
 15- 80 cm : cuirasse ferrugineuse bien indurée de type alvéolaire, riche en sables et graviers quartzeux ;
 80-100 cm : niveau de graviers quartzeux avec matériaux argileux brun-rouge. Certains graviers de quartz sont émoussés et d'autres nettement arrondis ;
 100-150 cm : « argile tachetée » brun-rouge, jaunâtre gris-clair presque blanc ; texture argileuse ;
 150-250 cm : « argile tachetée » saumon jaunâtre et gris-clair ; texture argilo-sableuse.

Il est possible que les cailloux quartzeux soient en partie d'origine fluviatile. Ce profil serait alors constitué d'une couche d'alluvions d'une terrasse ancienne déposée sur l'argile tachetée provenant de l'altération du granite sous-jacent. La faible fréquence de ces quartz arrondis très dispersés dans le niveau caillouteux ne permet pas de l'affirmer avec certitude. Cette remarque confirme les difficultés existant pour classer les matériaux superficiels comme autochtones ou allochtones.

b. Caractères analytiques des prélèvements

	TO. 71	TO. 72	TO. 73	TO. 74	TO. 75
	—	—	—	—	—
Profondeur.....	0-10	50-60	120	200	250
Refus > 2 mm.....	0	cuirasse	4,1	0	0
Argile..... %	13,2		42,0	40,7	37,0
Limon..... %	4,7		6,7	18,7	17,2
Sable fin..... %	31,6		8,2	14,9	14,9
Sable grossier..... %	48,0		40,2	22,8	28,4
Matière Organique..... %	1,7				
pH.....	6,4		6,20	6,0	5,9

	TO. 71	TO. 73	TO. 74	TO. 75
	—	—	—	—
Bases échangeables en meq %				
CaO.....	1,80	1,64	1,16	1,56
MgO.....	1,18	1,60	1,18	2,24
K ² O.....	0,16	0,17	0,18	0,20
Na ² O.....	0,08	0,10	0,11	0,15
Somme.....	3,22	3,51	2,63	4,15
Capacité d'échange.....	4,72	4,70	4,73	4,79

TO. 71 TO. 72 TO. 73 TO. 74
(cuirasse)

Eléments totaux (sur terre séchée à 105°, par attaque triacide).

Quartz + Insoluble.....	84,65	48,62	49,73	36,83
SiO ² combinée.....	6,37	10,48	19,84	26,21
Al ² O ³	4,56	10,36	16,47	19,79
Fe ² O ³	1,42	22,27	6,25	7,37
TiO ²	0,44	0,60	0,79	0,86
P ² O ⁵	0,05	0,05	0,08	0,08
H ² O.....	2,86	6,67	6,75	8,40
Total.....	100,35	99,05	99,91	99,54

Rapports moléculaires

SiO ² /Al ² O ³	2,3	1,7	2,0	2,2
SiO ² /R ² O ³	1,8	0,7	1,5	1,7

PROFIL AYA. 8

- Situation : AYAMÉ, travaux du barrage de la BIA.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1 800 mm.
- Topographie : pente.
- Végétation : forêt pélohygrophile à *Gluema Ivorensis*.
- Roche-mère : granodiorite.

a. Morphologie

(voir photos n^{os} 17-18)

Voir description citée chapitre I, p. 78-79

b. Caractères analytiques des prélèvements

	AYA. 81	AYA. 82	AYA. 83	AYA. 84
Profondeur.....	0-10	40-60	40-110	140-160
Refus > 2 mm.....	1	37	14	17
Argile..... %	39,7	55,7	67,0	44,5
Limon..... %	6,6	6,6	7,2	12,2
Sable fin..... %	18,1	12,3	9,8	15,1
Sable grossier..... %	25,3	19,0	11,1	24,0
Matière Organique..... %	4,0			
Rapport C/N.....	11,7			
pH.....	4,4	4,7	5,1	5,1

Bases échangeables en meq %

CaO.....	1,44	0,80	0,50	0,72
MgO.....	0,72	0,24	0,16	0,10
K ² O.....	0,09	0,05	0,02	0,01
Na ² O.....	0,06	0,10	0,08	0,12
Somme.....	2,31	1,19	0,76	0,95
Capacité d'échange.....	10,10	5,71	4,88	3,88

Eléments totaux (sur terre séchée à 105°, par attaque triacide).

Quartz + Insoluble.....	49,03	29,29	18,47	22,86
SiO ² combinée.....	16,07	22,74	28,46	22,75
Al ² O ³	13,63	19,79	23,05	21,30
Fe ² O ³	7,98	12,37	13,07	17,11
TiO ²	1,09	1,19	1,14	1,11
P ² O ⁵	0,12	0,13	0,13	0,21
CaO.....	0,12	0,07	0,07	0,08
MgO.....	0,13	0,15	0,13	0,05
K ² O.....	0,06	0,03	0,03	0,03
Na ² O.....	0,04	0,04	0,04	0,04
H ² O.....	12,12	12,70	13,62	12,48
Total.....	100,38	98,50	98,21	98,02

Rapports moléculaires

SiO ² /Al ² O ³	1,9	1,9	2,0	1,8
SiO ² /R ² O ³	1,3	1,3	1,4	1,1

6. PROFIL HI. 53

— Situation : zone centrale forestière près du village d'HIRÉ (Nord de DIVO).

— Pluviométrie moyenne annuelle évaluée à 1 300/1 500 mm environ.

— Topographie : plane, sommet de plateau.

— Végétation : cacaoyère sur débroussement de forêt mésophile.

— Roche-mère : granodiorite.

a. Morphologie

0- 20 cm : brun, sablo-argileux, structure grumeleuse ; racines nombreuses ;

20- 90 cm : brun-rouge, argilo-sableux, concrétions ferrugineuses abondantes, surtout vers 50-70 cm, avec des graviers de quartz ;

- 90-100 cm : brun-rouge plus vif, taches ocres diffuses, argileux, concrétions ferrugineuses plus rares ;
 100-220 cm : argile tachetée rouge et ocre, pas de concrétions ferrugineuses.

b. Caractères analytiques des prélèvements

	HI 53.1	HI. 53.2	HI. 53.3	HI. 53.4	HI. 53.5
	—	—	—	—	—
Profondeur.....	0-20	40-50	90-100	150-160	200-220
Refus > 2 mm...	0	26	11	1	0
Argile..... %	26,5	31,5	44,0	49,2	52,0
Limon..... %	6,5	5,0	9,0	14,2	13,0
Sable fin..... %	44,1	29,2	24,8	21,3	19,3
Sable grossier.. %	19,0	30,7	18,3	10,7	10,3
Matière organ... %	2,0				
Rapport C/N... %	8,2				
pH.....	6,6	6,6	6,2	5,5	5,4

Bases échangeables en meq %

CaO.....	5,96	3,54	1,88	1,48	1,28
MgO.....	1,96	0,56	2,04	1,04	0,62
K ² O.....	0,07	0,05	0,05	0,05	0,03
Na ² O.....	0,06	0,05	0,06	0,08	0,09
Somme.....	7,99	4,20	4,03	2,65	2,02
Capacité d'échange.	9,60	4,82	6,46	5,74	5,07

Caractères généraux des sols profonds de plateaux et de pentes

Les descriptions des profils cités précédemment montrent, pour chacun d'eux, une superposition classique des différents horizons de sols ferrallitiques tropicaux :

- litière végétale ;
- horizon sablo-argileux légèrement humifère ;
- horizon « lessivé » de teinte beige, ocre ou rougeâtre, sablo-argileux ;
- horizon graveleux (quartz dominant) .
- horizon d'accumulation argileuse et ferrugineuse (concrétions) ;
- substratum d'argile tachetée surmontant la zone d'altération de la roche.

Du point de vue morphologique, nous donnerons des précisions sur les faits les plus marquants propres à notre région granitique et interprétés dans l'ensemble des profils observés.

— L'horizon superficiel (0-15 cm) est en général sablo-argileux et les limites suivantes peuvent être retenues pour les variations texturales.

Argile : 10 à 30 %.

Limon : 0 à 10 %.

Sable fin : 15 à 45 %.

Sable grossier : 25 à 60 %. (*voir graphique I*)

Des textures superficielles plus argileuses (40 à 50 %) se trouvent parfois dans des sols de pentes fortement érodés, ou dans les sols issus d'un substratum de granodiorite.

— L'horizon le plus enrichi en argile est situé en général entre 1 m et 1,50 m, pour l'ensemble des sols profonds dont la morphologie superficielle n'a pas été modifiée par l'érosion. Cet horizon d'accumulation argileuse présente couramment les limites texturales suivantes :

Argile : 30 à 55 %.

Limon : 5 à 15 %.

Sable fin : 10 à 20 %.

Sable grossier : 15 à 25 %. (*voir graphique I*)

Cette différenciation texturale entre la surface et cet horizon profond résulte : d'une part, d'un entraînement latéral par érosion en nappe des éléments fins superficiels, ce qui conduit à une accumulation relative des fractions grossières entre 0 et 10 cm ; d'autre part d'un phénomène de lessivage oblique ou vertical contribuant à l'enrichissement en argile de l'horizon situé au-dessus de l'argile tachetée. Nous verrons dans les caractères chimiques que cet horizon argileux est aussi le siège d'une accumulation ferrugineuse. Si nous établissons un rapport du lessivage en argile entre l'horizon d'accumulation et l'horizon superficiel, nous obtenons des valeurs réparties entre 1 et 5. Le maximum de valeurs est entre 2 et 3 (*voir graphique II*). Les sols ayant le rapport de lessivage le plus élevé (> 3) proviennent de prélèvements effectués sous forêt intacte, où les possibilités d'érosion ont été limitées. Les valeurs les moins élevées (< 2) se trouvent dans des sols formés sur granodiorites et migmatites riches en biotite, ou dans des sols tronqués par l'érosion, sur pentes.

Le niveau graveleux est présent dans la majorité des sols sur granites, à une profondeur variant entre 30 cm et 1,20 m décrivant une ligne plus ou moins festonnée qui suit la topographie. Il a été désigné fréquemment sous le nom de « stone line » ou « nappe de gravats » (J. de HEINZELEIN). La proportion de graviers peut atteindre 50 à 60 % de la terre totale à ce niveau ; les éléments constitutifs sont tout d'abord des cailloux de quartz plus ou moins ferruginisés, anguleux, parfois émoussés, et des concrétions ferrugineuses arrondies, compactes, à texture fine. Dans certains cas, très particuliers, sur lesquels nous reviendrons, nous avons trouvé également à ce niveau des oolithes alu-

mineuses, des blocs de bauxite oolithique, des débris de grès ferrugineux. Ces graviers et blocs sont très hétérogènes dans leurs dimensions : quelques millimètres à plusieurs dizaines de centimètres, et présentent rarement un classement granulométrique susceptible d'être mis en rapport avec un fait stratigraphique. La position de ce niveau graveleux a été très controversée, mais peut résulter sur ce substratum granitique de plusieurs actions différentes : accumulation relative importante d'éléments grossiers non déblayés par le ruissellement au cours de périodes actives d'érosion, recouvrement par des apports colluviaux (ou alluviaux dans certains cas) ou par des matériaux de profondeur remontés par certains éléments de la faune du sol comme les termites.

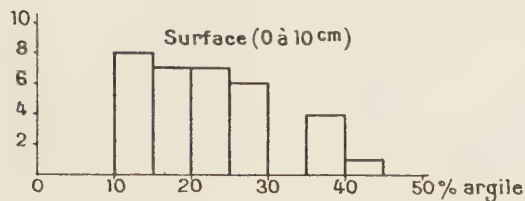
L'« **argile tachetée** » milieu de transition avec la zone d'altération de la roche, peut avoir une épaisseur très variable. Nous avons relevé, dans une série de sondages effectués par le Service Hydraulique, pour des régions variées de la basse et de la moyenne Côte d'Ivoire, la présence de l'argile tachetée jusqu'aux profondeurs suivantes : en mètres : 2,8 - 4 - 6 - 7 - 7 - 8,5 - 9 - 10 - 10,5 - 11 - 11 - 13,5. Le bariolage à dominante rouge (rouge, jaune et gris clair) fait place progressivement, en profondeur, à un bariolage ocre-jaune et gris-blanc lorsque les influences hydromorphiques sont plus accusées.

Du point de vue physico-chimique, nous étudierons la matière organique superficielle, les variations du pH, la capacité d'échange, les teneurs en bases échangeables et les éléments totaux. Les fractions argileuses ont été définies minéralogiquement dans certains profils.

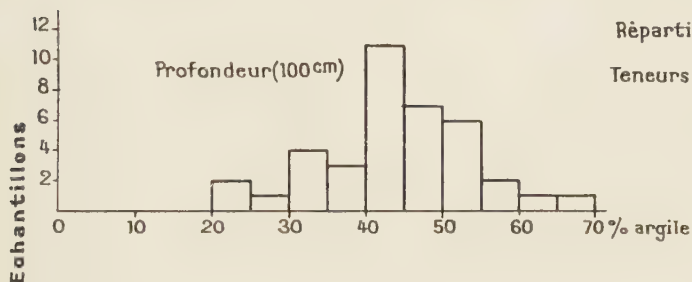
Les teneurs superficielles en matière organique de 0 à 10 cm environ, varient entre 1 et 4 % (voir graphique III). Sous forêt non dégradée, elles sont couramment de 3 %. La matière organique est bien décomposée et le rapport C/N présente des valeurs variant de 7 à 14 (voir graphique IV). Pour l'ensemble des horizons superficiels des sols observés sous forêt, nous notons un abaissement très net de la teneur en bases échangeables et en particulier de CaO, lorsque le rapport C/N augmente de 7 à 14 (voir graphique V).

Le pH, présente un groupement de valeurs voisines de la neutralité comprises entre 6 et 7 dans l'horizon superficiel organique, ou des valeurs nettement plus acides variant de 4 à 5,5. En profondeur le pH s'abaisse généralement à des valeurs comprises entre 4,5 et 6 au niveau de l'argile tachetée (voir graphique VI). Les sols les plus acides en surface (pH 4 à 4,5) présentent une légère remontée du pH en profondeur au niveau de l'argile tachetée ou de la zone d'accumulation argileuse. Le pH croît en même temps que la somme des bases échangeables. D'après le graphique n° VIII : en surface, S augmente faiblement de 0 à 2 meq environ, jusqu'à pH 5,5 ; puis brusquement, au-delà de pH 5,5, S a des valeurs moyennes de l'ordre de 8 à 10 meq %. Il est probable que la matière organique mieux minéralisée au-delà de pH 5,5 est à l'origine

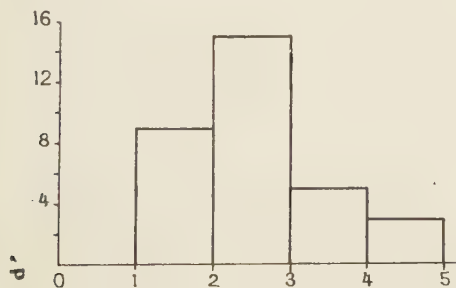
SOLS DE PLATEAUX ET PENTES SUR MATÉRIAUX ORIGINELS EN PLACE — SOLS FERRALLITIQUES



Graphique I

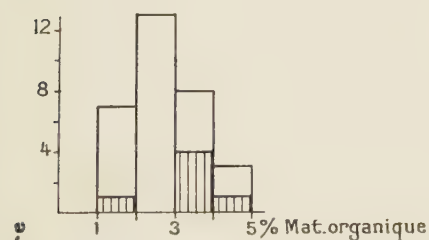


Répartition des
Teneurs en Argile



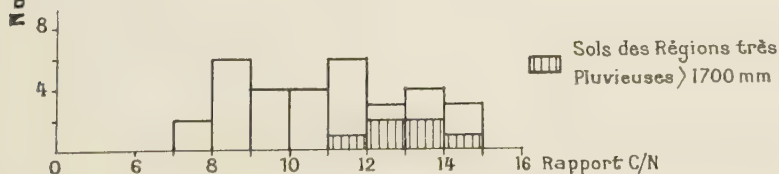
Graphique II

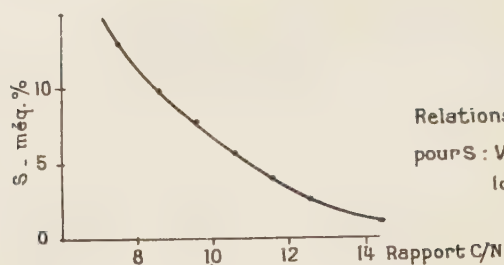
Répartition des Valeurs du
Rapport de Lessivage en Argile,
entre la Surface et l'Horizon
d'Accumulation Argileuse



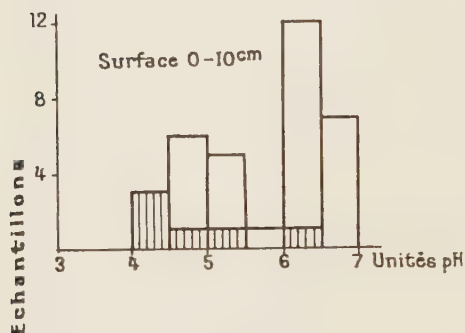
Graphiques III et IV

Répartition des Teneurs en
Matière Organique Superficielle et
des Valeurs du Rapport C/N

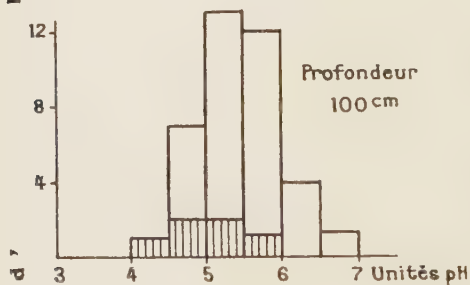


**Graphique V**

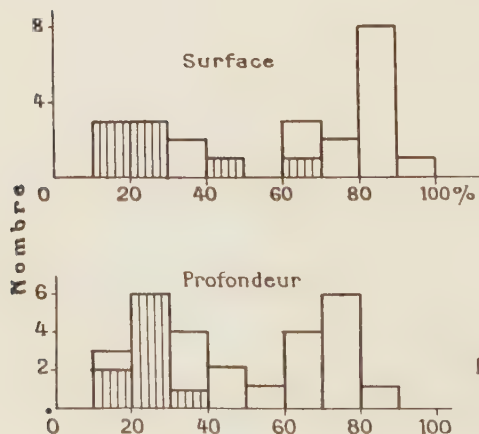
Relations entre S et le Rapport C/N
pour S : Valeurs moyennes pour les Echantil-
lons groupés par Unité de Rapport C/N

**Graphique VI**

Répartition des
Valeurs de pH



■ Sols des Régions très Pluvieuses

**Graphique VII**

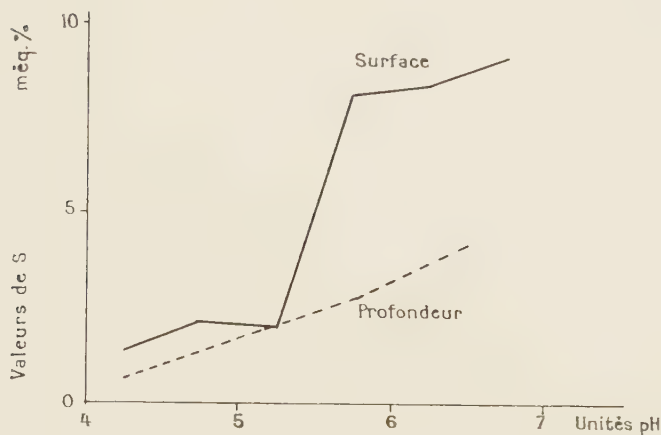
Répartition des Valeurs du Taux de
Saturation du Complexe absorbant

■ Sols des Régions très Pluvieuses

Graphique VIII

Relations S et pH

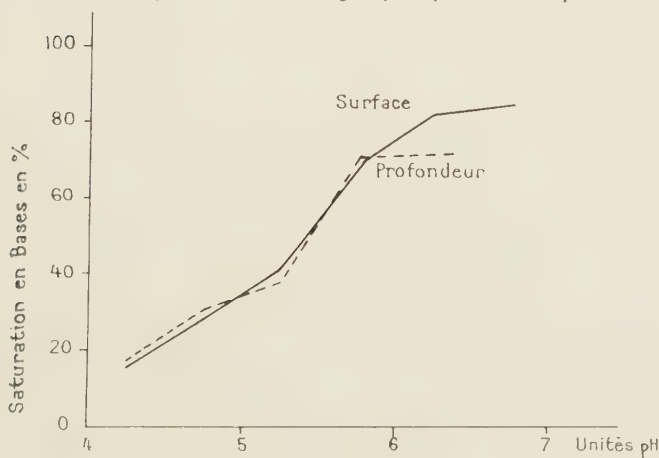
pour S : Moyennes des Valeurs groupées par 0,5 Unités/pH



Graphique IX

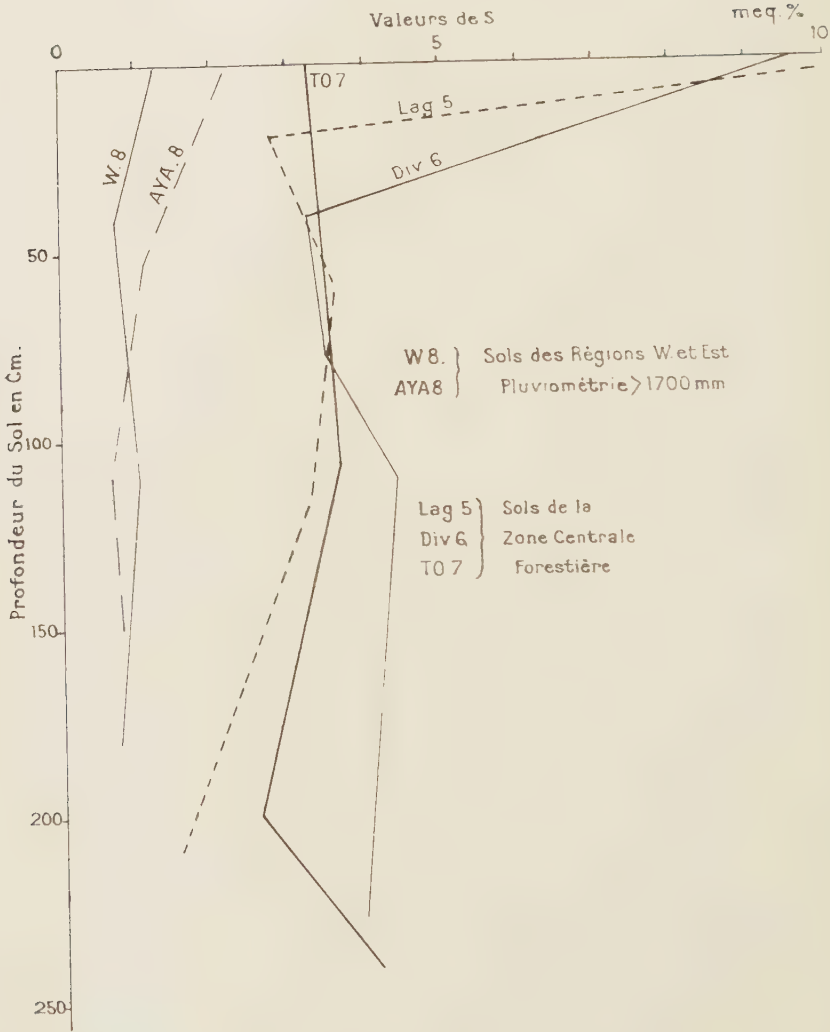
Relations pH et Saturation en Bases du Complexe Absorbant

Moyennes des Valeurs groupées par 0,5 Unité pH



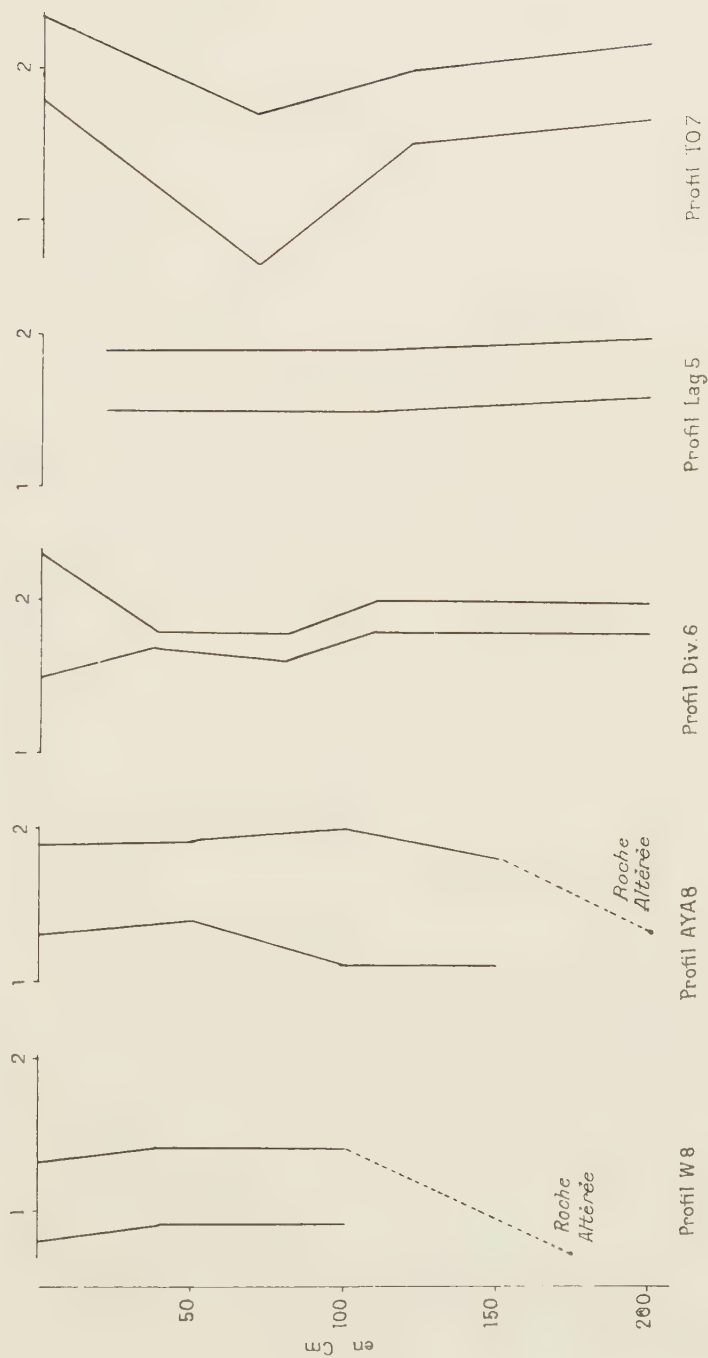
Graphique X

Variations de S avec la Profondeur



Graphique XI

Variations des Rapports Moléculaires $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ et $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ avec la Profondeur du Sol



de cette brusque montée de la somme des bases échangeables. En profondeur, les relations S et pH sont plus régulières et leur croissance simultanée est représentée sur le graphique par une droite.

La matière organique végétale qui se décompose au niveau de la litière libère un stock important de bases, que nous retrouvons à l'état échangeable dans le complexe absorbant argilo-humique de surface. « S » présente parfois des valeurs élevées dans l'horizon humifère, mais elles décroissent très rapidement dans les couches profondes du sol, dès 20 à 30 cm (*voir graphique X*). Une légère augmentation de S peut être enregistrée dans certains profils au niveau de l'horizon d'accumulation argileuse. Dans les sols dégradés ou érodés (Profil TO. 7) où la teneur en matière organique est faible, S a des valeurs à peu près équivalentes en surface et en profondeur (*voir graphique X*).

Pour l'ensemble des sols de plateaux, les valeurs de S varient de 0,9 à 14 meq dans l'horizon humifère ; elles présentent trois groupements : 0,5 à 3 meq, 5 à 8 meq et 9 à 12 meq. Une valeur très élevée (14 meq) correspond à un sol formé sur granodiorite à la limite savane-forêt. Dans les valeurs 9 à 12 meq, nous trouvons exclusivement des sols de la zone forestière centrale de Côte d'Ivoire. Entre 0,5 et 3 meq nous observons tous les sols des régions les plus humides (S-E et S-W).

En profondeur, les valeurs de S sont mieux groupées, entre 0,5 et 6 meq %, et présentent leur maximum centré sur 1 à 2 meq. Les sols des régions les plus humides sont représentés par des valeurs comprises entre 0,5 et 3 meq.

« Ca » est le cation dominant dans la plupart des sols ; cependant nous observons un rapport $\text{CaO/MgO} < 1$ en surface et en profondeur, dans des sols de la zone forestière centrale sur granodiorite et migmatite. Les teneurs superficielles en K_2O se répartissent de 0,04 à 0,6 meq % avec des valeurs fréquentes de 0,1 à 0,2 meq %. En profondeur, elles sont plus faibles, à l'exception de certains sols formés sur granite à muscovite (AGV. 3 - DIV. 6). Les teneurs en Na_2O échangeable sont faibles (0 à 0,29 meq %), fréquemment $< 0,05$ meq.

La saturation du complexe absorbant varie de 10 à 90 %. Les sols des régions forestières les plus humides (S-W et S-E) ont des valeurs basses (10 à 30 %), confirmées d'une manière plus homogène dans les horizons profonds (*voir graphique VII*).

Dans l'ensemble des profils analysés, pour différents échelons de pH variant entre 4 et 7, de 0,5 en 0,5 unité, les moyennes des valeurs des taux de saturation croissent régulièrement avec le pH. Les 2 courbes (surface et profondeur) sont très voisines et présentent une légère inflexion vers pH 5,5, montrant une croissance plus rapide de la saturation en bases. En profondeur, un palier de saturation (70 % environ) est atteint entre pH 5,5 et 6 et se maintient à $\text{pH} > 6$. En surface, les valeurs du coefficient croissent moins rapidement au-delà de pH 6, et atteignent 85 % à un pH voisin de la neutralité.

Les éléments totaux (quartz, SiO_2 combinée, Fe_2O_3 , TiO_2) dosés sur le sol après attaque au réactif triacide ont montré les relations suivantes dans les profils cités précédemment :

— La teneur en quartz et en matériau non soluble (en général très faible) décroît rapidement en profondeur jusqu'au niveau de l'argile tachetée. Elle représente l'essentiel de la fraction sableuse, le reste étant constitué par des pseudo-sables ferrugineux ou de petites concrétions.

— Les teneurs en SiO_2 combinée, Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 croissent en profondeur. Les rapports moléculaires $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$ et $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2}$ de ces constituants élémentaires des fractions limon et argile ont une signification plus importante que les valeurs absolues atteintes par les teneurs en chacun de ces éléments (*voir graphique XI*).

Le profil W. 8, prélevé dans la région granitique la plus humide de Côte d'Ivoire, donne le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ le plus bas : 1,3 à 1,4. Il demeure constant dans la profondeur du sol, alors qu'il est de 0,6 dans la roche altérée sous-jacente à faciès « pain d'épices ». Le profil AYA. 8 d'une région humide de l'Est (ABOISSO) fournit un rapport légèrement inférieur à 2 (1,8 à 2) et présente des valeurs plus basses dans la roche altérée à même « faciès de pain d'épices » (1,3). Dans les autres sols de la zone forestière centrale (LAG. 5 - DIV. 6 - TO. 7) ce rapport est très voisin de 2 et présente des valeurs minima au niveau de la zone d'accumulation argileuse ou au-dessus (TO. 7). Les valeurs sont constantes et voisines de 2 environ au niveau de l'argile tachetée. Des analyses effectuées dans les taches gris blanc et ocre rouge de ce même niveau révèlent un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ légèrement plus bas dans la partie blanche (1,9 au lieu de 2,1). Par contre les teneurs en Fe_2O_3 varient de 0,8 à 6,6 entre les taches blanches et rouges (Profil GG. 5).

Le rapport moléculaire $\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2}$ suit dans les profils une courbe grossièrement parallèle à celle du rapport précédent. Cependant, cette courbe présente parfois entre 50 cm et 1 m un décrochement vers des valeurs plus basses qui traduisent un net enrichissement ferrugineux (horizon éventuel de concrétionnement ou de cuirassement TO. 7).

La fraction « argileuse » ($< 2 \mu$) possède la constitution minéralogique suivante dans la plupart des profils :

Kaolinite (60 à 80 %) - **Goethite** (5 à 15 %).

La présence de gibbsite a été reconnue dans une faible proportion d'échantillons et en petite quantité (qq% %) difficilement identifiable aux Rayons X ou à l'analyse thermique. Certaines fractions $< 2 \mu$ ont pourtant un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ légèrement inférieur à 2 ; l'alumine libre mise ainsi en évidence se trouverait sous forme de gels.

Les descriptions morphologiques de ces sols de plateaux et de pentes, sur matériaux originels en place, sont celles de **profils ferral-**

litiques très typiques, mais les considérations chimiques sur les rapports entre la silice et les hydroxydes montrent que les **processus actuels de ferrallitisation auraient une faible intensité dans les sols sur granites de Côte d'Ivoire forestière** et qu'ils ne donnent pas lieu à une accumulation importante d'alumine à un niveau quelconque du sol.

II. — SOLS DE BAS DE PENTE, SUR COLLUVIONS SABLEUSES,

D'importantes formations sableuses grossières occupent fréquemment les bas de pente en régions granitiques. Nous les observons avec des extensions variables en largeur et en épaisseur, suivant la topographie des vallées et des talwegs. Ces sables trouvent leur origine dans des apports colluvionnaires venant des pentes et plateaux et constituent une roche-mère secondaire, très perméable, épaisse fréquemment de un à plusieurs mètres.

Nous indiquerons les caractères morphologiques et analytiques détaillés de deux profils.

1. PROFIL LAG. 4

— Situation : Plantation DUSSAUTOIR, km 6 route DIVO-TIASSALÉ, près de la réserve forestière. Carrière d'extraction de sable.

— Pluviométrie moyenne annuelle : 1 500 à 1 800 mm.

— Topographie : bas de pente.

— Végétation : Plantation de caféiers, en zone forestière centrale.

a. Morphologie du profil

(voir photos n^{os} 23-24)

- 0- 1 cm : débris organiques formant une litière discontinue ;
- 1- 10 cm : gris foncé, légèrement humifère, sableux, particulaire ;
- 10- 40 cm : gris beige clair, sableux ;
- 40- 75 cm : beige clair, sableux, avec quelques lignes sinueuses, sub-horizontales, de teinte plus sombre, espacées irrégulièrement de 5 à 10 cm ;
- 75-100 cm : beige clair, sableux, parsemé de concrétions ferrugineuses, de forme irrégulière, d'aspect granuleux (type aliosique) ;
- 100-140 cm : beige rosé sableux.

b. Caractères analytiques

	LAG. 41	LAG. 42	LAG. 43	LAG. 44	LAG. 45
Profondeur.....	0-10	20-35	60-70	80-90	140
Refus > 2 mm....	0	0	0	12,3	0
Argile..... %	3,7	3,2	2,0	2,5	5,2
Limon..... %	3,5	3,2	3,7	5,0	7,5
Sable fin..... %	56,	57,5	54,7	53,7	57,7
Sable grossier... %	34,2	35,3	38,9	38,4	28,6
Matière organ.. %	1,5	0,3			
Rapport C/N.....	11,7	17,4			
pH.....	7,3	7,3	7,0	6,6	6,5

Bases échangeables en meq %

CaO.....	6,80	1,68	0,68	0,68	0,50
MgO.....	0,82	0,20	0,11	0,16	0,16
K ² O.....	0,08	0,02	< 0,01	< 0,01	0,01
Na ² O.....	0,04	0,04	0,06	0,06	0,04
Somme.....	7,74	1,94	0,91	0,91	0,71
Capacité d'échange	7,90	2,05	0,94	0,92	0,88

2. PROFIL YAM. 5

- Situation : Nord de la ville de YAMOUSSOUKRO.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1 200 mm.
- Topographie : bas de pente.
- Végétation : brousse forestière avec plages d'*Imperata cylindrica*, à la limite savane-forêt (branche Ouest du « V » BAOULÉ).

a. Morphologie du profil

- 0- 2 cm : débris organiques et sable grossier ;
- 2- 35 cm : gris clair, sableux légèrement humifère, particulière ;
- 35-120 cm : gris beige à beige, sableux ;
- 120-200 cm : beige clair avec taches jaunâtres, sableux grossier et concrétions ferrugineuses d'aspect granuleux, de forme irrégulière, de teinte rouille externe et de teinte noirâtre interne ;
- 200-230 cm : gris blanc et taches jaunâtres, sablo-graveleux ;
- 230-270 cm : gris blanc, sablo-argileux avec graviers quartzeux ;
- 270-300 cm : horizon humide, avec poches d'eau, tacheté gris et ocre-jaune, sablo-argileux, concrétions ferrugineuses identiques à celle de l'horizon 120-200.

b. Caractères analytiques

	YAM. 51	YAM. 52	YAM. 53	YAM. 54	YAM. 55
Profondeur.....	0-20	50-60	150	240	300
Refus > 2 mm.	0	0	23	15	1
Argile..... %	2,7	2,2	2,2	21,2	21,5
Limon..... %	4,5	5,5	6,5	7,0	7,2
Sable fin.... %	27,3	27,9	19,4	19,2	16,6
Sable grossier %	64,8	63,9	71,8	50,8	52,6
Matière org.. %	0,9	0,3			
Rapport C/N....	12,5	13,0			
pH.....	6,3	6,3	6,4	6,5	6,4
Bases échangeables en meq %					
CaO.....	0,72	0,90	0,86	2,74	3,0
MgO.....	0,20	0,20	0,14	0,80	1,14
K ² O.....	0,02	0,01	0,01	0,06	0,06
Na ² O.....	0,01	0,01	0,01	0,10	0,07
Somme.....	0,95	1,12	1,02	3,60	4,27
Capacité d'éch..	1,68	1,46	1,03	4,09	4,74

Caractères généraux des sols de bas de pente sur colluvions sableuses

Les caractères morphologiques décrits dans ces deux profils permettent de situer les principaux horizons pédologiques de ces sols. Nous trouvons de haut en bas :

— Une litière végétale discontinue, partiellement décomposée, épaisse de 1 à 2 cm ;

— Un horizon sableux dont la teneur en matière organique diminue progressivement jusqu'à 30 ou 40 cm de profondeur ;

— Un horizon de teinte gris beige clair, dans lequel se rencontrent éventuellement des lignes subhorizontales brunâtres (photo n° 24) ;

— Un horizon de concrétionnement ferrugineux à une profondeur moyenne de 1 m ;

— Un horizon mieux pourvu en argile, avec des taches ocres et grises diffuses, provoquées par une hydromorphie de profondeur.

Cette succession caractérise un **sol lessivé avec accumulation ferrugineuse et argileuse**, à caractère hydromorphique plus ou moins accentué en profondeur. La présence d'un horizon de teinte gris clair avec des lignes sinueuses brunâtres sous la couche humifère superficielle peut faire penser à un **sol lessivé à évolution podzolique**, sur une roche-mère très perméable. Mais ces sols ne présentent pas, à notre connaissance, d'humus brut superficiel comparable à celui des « podzols » du cordon littoral (LENEUF-OCHE) et la migration traduite par ces lignes brunâtres correspond essentiellement à un mouvement ferru-

gineux. Les résultats analytiques peu probants obtenus sur la composition chimique de ces lignes brunâtres ne permettent pas d'affirmer actuellement la nature humo-ferrugineuse de ces complexes de migration. Le fer provient en grande partie des sols ferrallitiques topographiquement plus élevés et se déplace sous l'influence de mouvements obliques de lessivage. Le concrétionnement ferrugineux est localisé en général au-dessus des niveaux profonds plus argileux. (Profil YAM. 5), quelquefois dans un horizon sableux plus grossier ou dans un niveau riche en graviers de quartz (YAM. 5) (MAGNIEN).

Une texture très sableuse caractérise ces sols sur une profondeur de 1 à 1,50 m au moins ; en surface, les limites des variations texturales sur l'ensemble des profils observés sont les suivantes :

Argile : 2 à 5 %.
 Limon : 1 à 5 %.
 Sable fin : 22 à 45 %.
 Sable grossier : 47 à 65 %.

Dans les horizons profonds, la fraction $< 2 \mu$ peut atteindre 10 à 20 %.

La matière organique de l'horizon humifère est peu abondante (0,8 à 2 %), bien décomposée, avec un C/N de l'ordre de 8 à 12.

Le pH est fréquemment voisin de la neutralité en surface et présente une tendance à l'acidification en profondeur.

La somme des bases échangeables atteint ses valeurs les plus élevées dans l'horizon organique (0,9 à 7 meq %). Les sols dégradés, par des excès culturels ou par l'érosion, ont les teneurs les plus basses (0,9 meq %). En profondeur, S décroît rapidement jusqu'à des valeurs voisines de 1 meq % ou plus faibles. Le niveau profond enrichi en argile est en général mieux pourvu en bases. Dans certains profils comme YAM. 5, il est possible que les premiers faciès d'altération du substratum granitique soient assez proches et contribuent à cet enrichissement en bases.

La capacité d'échange de ces sols est faible par suite de la médiocre teneur en argile et en matière organique. Le taux de saturation de la fraction argileuse est élevé malgré la faible teneur en bases échangeables et dépasse fréquemment 90 %.

III. — SOLS DE TALWEGS SUR COLLUVIONS OU ALLUVIONS.

Ces sols sont localisés dans les talwegs et petites vallées très ramifiées des régions granitiques. Une nappe phréatique permanente peu profonde et des inondations temporaires par les eaux de ruissellement et

les crues des petits marigots entretiennent un engorgement temporaire de surface et permanent en profondeur. Une rupture de pente parfois très bien marquée sépare fréquemment la zone des sols de talwegs de celle des sols de bas de pente décrits auparavant.

Nous avons choisi trois profils situés dans les régions forestières du Centre et de l'Ouest (LAG. 3 - ADZ. 2 et W. 1). Les résultats analytiques de deux autres profils (TO. 5 et GEO. 2) cités dans la partie I, concernant l'altération minérale, compléteront la documentation.

1. PROFIL LAG. 3

- Situation : Route DIVO-TIASSALÉ, km 6, réserve forestière.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1 500 à 1 800 mm.
- Topographie : talweg large de 60 m environ, prélèvement sur la bordure Sud.
- Végétation : forêt mésophile.
- Roche-mère : granite calco-alkalin à biotite.

a. Morphologie

- 0- 5 cm : gris, sableux humifère, avec litière végétale en décomposition sur 1 à 2 cm, racines ;
- 5-35 cm : gris clair, avec trainées ocres diffuses, sableux grossier humide ;
- 35-80 cm : gris légèrement verdâtre, sableux grossier et graviers quartzeux, humide ;
- à 80 cm : niveau compact de graviers quartzeux, humide.

b. Caractères analytiques

	LAG. 31	LAG. 32	LAG. 33
	—	—	—
Profondeur (en cm).....	0-10	50-60	100-120
Refus > 2 mm.....	1	3	21
Argile..... %	6,5	10,5	19,5
Limon..... %	2,0	1,0	1,0
Sable fin..... %	28,4	19,2	10,1
Sable grossier..... %	58,6	68,5	69,5
Matière Organique..... %	2,9		
Rapport C/N.....	10,7		
pH.....	6,5	5,4	5,3
Bases échangeables en meq %.			
CaO.....	5,18	1,28	1,40
MgO.....	1,60	0,68	0,78

K ² O.....	0,08	0,07	0,09
Na ² O.....	0,20	0,16	0,28
Somme.....	7,06	2,19	2,55
Capacité d'échange.....	8,45	2,98	3,59

Eléments totaux :

SiO ²	—	90,09	85,93
Al ² O ³	—	5,83	8,82
Fe ² O ³	—	0,60	0,90
TiO ²	—	0,14	0,17
P ² O ⁵	—	0,03	0,01
CaO.....	—	0,35	0,38
MgO.....	—	0,33	0,08
K ² O.....	—	0,64	0,65
Na ² O.....	—	0,47	0,51
H ² O.....	—	1,54	2,55

2. PROFIL ADZ. 2

- Situation : route ADZOPÉ-ABIDJAN, km 4.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1300 à 1 400 mm.
- Topographie : talweg étroit (10 à 20 m), zone centrale.
- Végétation : Cacaoyère sous forêt subhygrophile.
- Roche-mère : granite calco-alkalin à muscovite.

a. Morphologie

- 0- 1 cm : litière végétale discontinue ;
- 0- 20 cm : gris, sableux grossier, légèrement humifère ;
- 20- 70 cm : gris blanc, sableux grossier, avec graviers de quartz ; très humide ;
- 90-160 cm : blanc à gris-blanc avec trainées jaunâtres diffuses, sablo-argileux, micacé ; graviers quartzeux ; humide ;
- 160-200 cm : teinte jaunâtre plus accentuée, taches rouilles, sablo-argileux, micacé, sec ;
- à 200 cm : blanchâtre avec quelques points de teinte rouille, sablo-argileux, micacé.

b. Caractères analytiques

	ADZ. 21	ADZ. 22	ADZ. 23	ADZ. 24	ADZ. 25
	—	—	—	—	—
Profondeur (en cm)	0-10	40-60	100-120	150	200-220
Refus > 2 mm ..	1,0	25	6	14	6
Argile..... %	3,7	8,7	16,5	13,7	15,7

	ADZ. 21	ADZ. 22	ADZ. 23	ADZ. 24	ADZ. 25
Limon..... %	4,5	11,2	21,7	21,5	21,7
Sable fin..... %	33,5	15,1	17,8	19,0	20,5
Sable grossier.. %	56,0	64,9	43,7	47,0	41,1
Mat. Organique %	1,6				
Rapport C/N	10,1				
pH.....	4,9	5,9	5,9	6,3	6,2

Bases échangeables en meq %.

CaO.....	1,44	1,04	0,80	0,90	1,16
MgO.....	0,30	0,34	0,48	0,53	0,58
K ² O.....	0,04	0,03	0,10	0,13	0,15
Na ² O.....	0,09	0,12	0,15	0,12	0,18
Somme.....	1,87	1,53	1,53	1,68	2,07
Capacité d'échang.	4,52	2,48	3,21	3,05	3,48

Eléments totaux :

SiO ²	—	—	64,51	64,95	56,66
Al ² O ³	—	—	20,34	19,69	29,10
Fe ² O ³	—	—	1,00	1,20	1,70
TiO ²	—	—	0,11	0,08	0,09
P ² O ⁵	—	—	0,05	0,03	0,05
CaO.....	—	—	0,56	0,56	0,56
MgO.....	—	—	0,17	1,41	0,08
K ² O.....	—	—	5,40	5,40	5,04
Na ² O.....	—	—	2,01	1,54	1,27
H ² O.....	—	—	5,85	5,14	5,45

3. PROFIL W. 1

— Situation : région de TAI (Est de DIÉOULA), Ouest-Côte d'Ivoire.

— Pluviométrie moyenne annuelle : 1 800 mm.

— Topographie : talweg étroit marécageux.

— Végétation : raphiale de forêt subhygrophile de faciès sassandrien.

— Roche-mère : migmatite calco-alkaline.

a. Morphologie

0- 2 cm : litière végétale en décomposition, avec chevelu racinaire ;

0- 40 cm : gris foncé, teinte se dégradant jusqu'à 40 cm, sableux, humifère ;

40- 70 cm : gris clair, taches ocres diffuses, sableux ;

70-120 cm : gris blanc, sableux ; niveau phréatique,

à partir de 120 cm : niveau de graviers quartzeux anguleux, et sablo-argileux gris blanc.

b. Caractères analytiques

	W. 11	W. 12	W. 13
Profondeur en cm.....	0-10	50	100-110
Refus > 2 mm.....	0	0	0
Argile..... %	7,5	7,7	8,2
Limon..... %	2,5	4,0	2,2
Sable fin..... %	46,2	44,5	39,1
Sable grossier..... %	40,5	43,0	49,3
Matière Organique..... %	2,8		
Rapport C/N..... %	13,7		
pH.....	3,8		

Bases échangeables en meq %.

CaO.....	0,53	0,42	0,47
MgO.....	0,10	0,03	0,06
K ² O.....	0,08	< 0,05	< 0,05
Na ² O.....	0,07	0,04	0,04
Somme.....	0,78	0,54	0,62

4. PROFIL TO. 5

- Situation : Nord de TOUMODI, route de BOUAKÉ, km 3.
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1 200 mm.
- Topographie : talweg large de 30 à 40 m.
- Végétation : galerie forestière de la zone centrale méridionale du « V » BAOULÉ.
- Roche-mère : granite à biotite et hornblende.

a. Morphologie

(citée chapitre I, p. 100).

b. Caractères analytiques

	TO. 51	TO. 52	TO. 53
Profondeur en cm.....	0-15	40-75	100-120
Refus > 2 mm.....	1	0	0
Argile..... %	6,7	6,0	36,7
Limon..... %	12,7	1,0	10,0
Sable fin..... %	31,1	83,0	14,8
Sable grossier..... %	48,7	8,4	34,3
Matière Organique..... %	1,1		
Rapport C/N..... %	14,4		
pH.....	5,7	6,5	5,6

Bases échangeables en meq %.

CaO.....	1,24	0,90	5,66
MgO.....	0,38	0,50	8,59
K ² O.....	0,04	0,01	0,06
Na ² O.....	0,11	0,12	0,64
Somme.....	1,77	1,53	14,95
Capacité d'échange.....	3,86	1,69	15,90

Eléments totaux

SiO ²	—	—	72,60
Al ² O ³	—	—	15,18
Fe ² O ³	—	—	4,00
TiO ²	—	—	0,36
P ² O ⁵	—	—	0,01
CaO.....	—	—	0,90
MgO.....	—	—	0,51
K ² O.....	—	—	1,16
Na ² O.....	—	—	2,17
H ² O.....	—	—	3,11

Caractères généraux des sols de talwegs et vallées sur colluvions et alluvions

Les caractères morphologiques des profils décrits permettent de noter une succession commune d'horizons pédologiques. De haut en bas, le profil est séparé en deux zones :

— Une zone superficielle allochtone à texture généralement sableuse (épaisseur : 75 cm à 1 m) ;

— Une zone profonde, constituée de matériaux originels autochtones, à texture plus argileuse, et séparée de la première par un niveau plus ou moins dense de graviers quartzeux et parfois de concrétions ferrugineuses.

La zone superficielle est formée d'une litière végétale noirâtre, d'un horizon humifère gris, épais de 5 à 30 cm, à texture sableuse ou sablo-argileuse, d'un horizon sous-jacent de teinte gris-clair, bariolé fréquemment de trainées ocre diffuses.

La zone profonde à texture plus argileuse est souvent de teinte gris, gris blanchâtre ou gris verdâtre typique d'un milieu humide réducteur (GLEY). Elle passe d'une manière progressive à des faciès de roche granitique altérée dans des conditions de mauvais drainage (Type IV). L'engorgement maximum du sol se produit surtout, dans le niveau graveleux, à la séparation des zones superficielle et profonde ; il s'étend à l'ensemble de la zone superficielle au cours des saisons humides, provoque une hydromorphie complète du profil pendant de nombreux mois, donnant une vocation marécageuse à ces sols. L'imbibition complète du milieu, souvent permanente dans les régions forestières les

plus humides, l'écoulement gravimétrique latéral de l'eau et les fluctuations saisonnières du niveau phréatique, entraînent un fort lessivage dans la zone superficielle du sol. Les horizons profonds, plus argileux, sont humides, mais sans nappe. Le lessivage y est moins intense à leur niveau par suite de leur imperméabilité. Un stock important de bases peut d'ailleurs s'y maintenir et assurer dans la roche toute proche une altération de type montmorillonitique (TO.5 - GEO.3) ou illitique.

Les résultats analytiques nous permettent de grouper quelques caractéristiques chiffrées de ces sols de région forestière.

Les variations texturales montrent les limites suivantes :

	Surface	Vers 1 m
— Argile.....	3 à 20 %	1 à 35 %
— Limon.....	2 à 20 %	1 à 20 %
— Sable fin.....	30 à 60 %	4 à 55 %
— Sable grossier.....	5 à 70 %	6 à 80 %

Sous l'horizon graveleux, la zone d'accumulation argileuse peut comprendre de 15 à 55 % d'argile.

La constitution granulométrique de l'horizon graveleux est difficile à apprécier par suite de sa grande hétérogénéité due à une stratification entrecroisée très irrégulière. Les teneurs en concrétions ferrugineuses sont faibles dans la zone forestière humide. Elles sont plus importantes à la limite savane-forêt. Les concrétions manganésifères sont fréquentes dans les sols les plus argileux sur granodiorites. Les éléments quartzeux > 2 mm peuvent atteindre 50 % de la terre totale.

Les teneurs en matière organique de l'horizon humifère oscillent entre 1 et 4 %. Le rapport C/N varie entre 9 et 17. Les sols des régions les plus humides ont un rapport C/N élevé (13 à 17).

En surface, le pH présente de fortes variations : 3,8 à 6,4, mais les valeurs sont surtout comprises entre 5 et 6. Les pH les plus acides (3,8 à 4,6) se trouvent dans les sols des régions les plus humides.

En profondeur, les valeurs du pH ont tendance à remonter légèrement si les faciès de roche altérée sont proches. Dans les formations alluvionnaires plus profondes, il y a tendance à l'acidification vers 1 m.

La somme des bases échangeables présente également de fortes variations en surface ou en profondeur (1 à 44 meq %).

Une certaine accumulation des bases échangeables est constatée au niveau de l'horizon superficiel humifère et dans les horizons argileux profonds proches de la roche.

En surface, le coefficient de saturation en bases est minimum dans les régions les plus humides (10 à 30 %) ; il atteint 50 à 80 % dans les sols de la zone forestière centrale. En profondeur il est plus élevé (30 à 90 %). Il atteint ses valeurs maxima dans les sols où nous avons relevé

la présence de montmorillonite, même en faible quantité, dans la fraction $< 2 \mu$.

La fraction argileuse ($< 2 \mu$) de la zone profonde a été étudiée minéralogiquement (Rayons X et analyses thermiques) dans un certain nombre de roches. Nous avons identifié les constituants suivants :

— **Kaolinite** : toujours présente dans la fraction $< 2 \mu$, dans la proportion de 70 à 80 %.

— **Illite** : fréquente, mais en petite quantité.

— **Montmorillonite** : fréquente, mais en faible proportion, dans les sols de la région forestière centrale ; abondante dans certains sols de la limite savane-forêt sur granodiorite.

— **Gibbsite** : rare, identifiée dans un sol de la zone forestière Ouest.

— **Quartz** : rare.

Tous ces caractères morphologiques et analytiques conduisent à intégrer ces sols de talwegs dans la classe des **Sols Hydromorphes**. Cependant, il semble difficile de les rassembler dans un même groupe, par suite de variations dans les conditions topographiques, pétrographiques et climatiques.

Ce sont des sols à hydromorphie permanente de profondeur et mouvement oblique de la nappe ; ils ont une hydromorphie partielle de surface variant avec l'importance de la pluviométrie. Ils sont affectés d'un fort lessivage de la zone superficielle. Le développement de l'horizon de gley, l'intensité du concrétionnement ferro-manganésifère et la formation éventuelle de nodules calcaires (GEO. 3) sont autant de facteurs de différenciation à l'échelon du groupe ou du sous-groupe.

IV. — SOLS ORGANIQUES DES DÔMES GRANITQUES

Sur les dômes granitiques de BRAFOUÉDI et NIANGBO, nous avons observé différentes modalités d'accumulation de la matière organique sur la roche nue. Il nous a semblé indispensable de les mentionner dans cette étude des sols sur granites, car elles déterminent, bien qu'étendues à des superficies extrêmement modestes, un groupe pédogénétique particulier pour les zones tropicales.

a) Site et caractères morphologiques des prélèvements

Sur le sommet du dôme de BRAFOUÉDI, nous avons indiqué la présence de vasques plus ou moins profondes, résultant de l'action des processus d'altération (voir p. 43) et dans lesquelles peut se développer éventuellement une végétation herbacée ou arbustive basse. Dans le fond de ces vasques nous avons prélevé les matériaux accumulés.

1. Vasque sans végétation, profonde de 60 à 80 cm.

Dans quelques centimètres d'eau, sur une épaisseur de 3 à 5 mm, un matériau organique noirâtre, se présentant sous forme de fins agrégats granulaires, est associé à des éléments grossiers désagrégés de granite altéré (quartz dominant, muscovite et feldspaths blanchis).

La matière organique trouve son origine dans la flore lichénique tapissant la surface des granites dans le fond et sur les parois des vasques. L'accumulation de ces végétaux est assurée par les eaux de ruissellement.

2. Vasque avec végétation.

L'association végétale, relevée dans cette vasque partiellement remplie de 10 à 12 cm d'eau, était constituée des espèces suivantes :

- *Aeolanthus pubescens*
- *Cyanothrix rubescens*
- *Crinum* sp.
- *Dissotis rotundifolia*
- *Fimbristylis dichotoma*
- *Hibiscus panduriformis*
- *Neurotheca loeselioides*
- *Vigna gracilis*

(Matériel végétal déterminé par L.A. ASSI).

Le fond de la vasque était rempli d'un matériau brun foncé organique, épais de 4 à 5 cm, constitué d'agrégats, finement grumeleux à l'état sec, présentant un faciès plus arrondi que ceux de (1).

Du quartz fin et des micas sont reconnaissables à l'œil nu. Un chevelu radiculaire dense est développé dans cette masse.

Sur la montagne de NIANGBO, une végétation graminéenne abondante a pu s'implanter sur de fortes pentes, mais d'une manière discontinue, sous forme de touradons très dispersés (voir photo n° 10) qui sont les premiers éléments de la colonisation végétale. Sur des pentes faibles et certains méplats, nous avons observé un tapis herbacé continu, occupant parfois des surfaces de plusieurs ares, et constitué essentiellement d'une cypéracée : *Eriospora pilosa*.

Sur le même dôme, J. MIEGE signale dans des conditions de site très voisines, une association végétale faite d'une dizaine d'espèces qui s'installent « dans des fissures ou de petits creux humides où une terre noire s'accumule ».

La végétation herbacée a formé un matelas racinaire épais de 5 à 8 cm, dans lequel est inclus un matériau brun noirâtre, constitué d'une matière organique très fine à structure feutrée lors du prélèvement, poussiéreuse à l'état sec après tamisage, et dans laquelle nous reconnaissons un peu de quartz fin et de la muscovite. La surface sous-jacente du granite est granuleuse, mais ne présente pas de cavités bien développées où les racines auraient pu s'implanter.

b. Caractères analytiques

	BRAFOUÉDI N° 1	BRAFOUÉDI N° 2	NIANGBO N° 1
	—	—	—
Epaisseur.....	0-5 mm	0-5 cm	0-8 cm
Refus > 2 mm %.....	42,3	0	1,7
Nature du refus.....	(roche altérée) (quartz - mica - feldspaths)		racines
Perte au feu (% échantillon séché 105°).....	31,2	53,4	30,8
Matière Organique (sur terre fine séchée à l'air)			
Carbone..... %	11,8	22,8	14,8
(méthode ANNE)			
Azote total..... %	1,08	1,81	0,77
(méthode KJELDHAL)			
Rapport C/N.....	10,8	12,5	19,2
Humus (sur terre fine, séchée à 105°, extraction à pH 10 par pyrophosphate de Na).			
Matières humiques			
totales..... ‰	16,9	150,0	60,2
Acides humiques... ‰	3,85	120,0	45,0
Acides fulviques.... ‰	14,25	30,6	15,2
Rapport :			
Ac. humiques/Ac. Fulviques.....	0,26	3,9	2,9
pH.....	5,2	4,1	5,6
Bases échangeables en meq % (sur terre fine séchée à l'air)			
CaO.....		1,12	7,52
MgO.....		1,16	2,32
K ² O.....		0,30	0,40
Na ² O.....		0,54	0,44
Somme.....		2,12	10,68
Acide phosphorique			
total..... %	0,781	0,489	0,542

c. Caractères généraux

Deux faits doivent être mis en relief dans ces profils, très rudimentaires, de sols peu évolués de type A.C. (AUBERT).

1. Les modalités d'accumulation de la matière organique.

Dans les vasques du dôme de BRAFOUÉDI, l'accumulation est réalisée, d'une part par un colluvionnement de matériaux organiques

d'origine lichénique arrachés aux dalles granitiques par les pluies (N° I et II), d'autre part par une végétation herbacée qui a réussi à se développer sur ce milieu organique primaire et dont la décomposition in situ se produit dans des conditions hydriques très particulières (N° II) : submersion du système racinaire pendant la période pluvieuse, dessèchement limité pendant les périodes sèches par évaporation directe de l'eau et évapotranspiration des végétaux. La permanence de la végétation dans ces vasques assure une protection de la matière organique en décomposition contre une trop forte insolation.

Sur le dôme de NIANGBO, l'accumulation est due essentiellement à une colonisation de végétaux herbacés (Cypéracées et graminées) qui se décomposent sur place, pendant la phase d'imbibition de la saison pluvieuse, mais sans submersion, du fait d'un bon drainage favorisé par la pente ; la période sèche très marquée (3 à 4 mois) et une forte insolation provoquent un ralentissement dans l'évolution de la matière organique (régime des savanes subsoudanaises), d'autant plus fort que le substratum est une dalle rocheuse sans possibilité de réserve hydrique.

2. — L'origine de la matière organique.

— Vasque I : lichens.

— Vasque II : végétaux herbacés et lichens.

— Niangbo 3 : Cypéracées et quelques graminées.

Les résultats analytiques des trois échantillons révèlent :

a) que l'humus de la matière organique d'origine strictement lichénique est constitué d'une proportion très élevée d'acides fulviques ;

b) que l'humification de la matière herbacée des vasques est très intense et se traduit par un rapport C/N moyen (12,5) et une très forte proportion d'acides humiques par rapport aux acides fulviques ;

c) que la matière organique produite par les Cypéracées montre une proportion très importante d'acides humiques, un rapport C/N très élevé (19,2) ; ce dernier fait peut être mis en relation avec la présence de nombreux débris de racines non humifiés.

Le milieu minéral inclus dans un échantillon organique est constitué d'éléments granitiques arénacés. Dans les sables, le quartz et la muscovite sont inaltérés ; les feldspaths sont blanchis et friables.

Les bases libérées par altération saturent faiblement le complexe absorbant de la vasque II : S = 2,12 meq %, pH : 4,1 ; par contre une teneur élevée en bases échangeables (10,6 meq %) et un pH moins acide (5,6) sont relevés dans l'échantillon de NIANGBO.

Selon la classification de G. AUBERT et Ph. DUCHAUFOR (1956) et selon d'autres auteurs (KUBIENA) ayant traité de l'évolution de la matière organique dans les lithosols, nous aurions un humus acide dans la vasque II, caractéristique d'une matière organique de tourbière avec engorgement temporaire, alors que l'échantillon de NIANGBO

dont l'humification se développe dans de meilleures conditions de drainage, serait un mélange de matière organique brute et d'un « *mull* » *actif typique de certains rankers*.

La matière organique de la vasque II a des propriétés physico-chimiques voisines de certaines tourbes oligotrophiques des régions tempérées (acidité, faible saturation en bases) mais le rapport C/N de 12,5 et la forte humification révèle un milieu biologique actif, tout au moins pendant une période importante de l'année dans les conditions climatiques tropicales.

RELATIONS ENTRE LES « GROUPES DE SOLS SUR GRANITES » ET LES TERMES DE LA CLASSIFICATION DE G. AUBERT (JUIN 1958)

— SOLS DE PLATEAUX ET PENTES (Matériaux en place).

+ **Classe : VII. Sols à hydroxydes et humus bien décomposé.**

= *Sous-classe : Sols ferrallitiques.*

Groupe (+) : Sols faiblement ferrallitiques : Zone préforestière (YAM. 1) et Forêt mésophile (DIV. 6).

Groupe (+) : Sols ferrallitiques typiques lessivés : Forêt hygrophile (W. 8).

— SOLS DE BAS DE PENTE (colluvions sableuses).

+ **Classe : VII. Sols à hydroxydes et humus bien décomposé.**

= *Sous-classe : Sols ferrugineux tropicaux.*

Groupe (+) : S.F.T. profondément lessivés.

Sous-groupe (=) : sans concrétions (F.M. 6).

Sous-groupe (=) : avec concrétions (LAG. 4).

— SOLS DE TALWEGS (alluvions ou colluvions).

+ **Classe : IX. Sols hydromorphes.**

= *Sous-classe : Sols à hydromorphie de profondeur et mouvement oblique de la nappe ;*

— lessivé (phase kaolinique W. 1),

— peu lessivé (phase montmorillonitique) (TO. 5) (GEO. 3).

— SOLS ORGANIQUES DES DOMES.

I. Accumulation organique dans les vasques (BRA. 1 et 2).

+ **Classe : IX. Sols hydromorphes.**

= *Sous-classe : Sols à hydromorphie totale.*

Groupe (+) : Sols à H.T. temporaire.

Sous-groupe (=) : Sols semi-tourbeux.

2. Accumulation organique par colonisation de Cypéracées et Graminées sur dalles granitiques (NIANGBO 1).

+ **Classe : I. Rankers et Sols peu évolués** (Profil AC).

= *Sous-classe : S.P.E. climatique.*

Groupe (+) : Rankers alpins (Création d'un faciès tropical).

B. — RELATIONS ENTRE LES SOLS ET CERTAINS FACTEURS D'ÉVOLUTION

I. — LES SOLS ET LA PLUVIOMÉTRIE.

Des relations entre certaines propriétés physico-chimiques des sols et la pluviométrie ont été déjà mentionnées lors de la description des caractères généraux des sols de plateaux et de talwegs. Nous voulons ici les exprimer d'une manière plus synthétique à l'échelle de la zone forestière ivoirienne, à l'exception de la région N-W de MAN dont l'étude n'a pas été abordée dans ce travail.

Nous avons défini schématiquement des zones pluviométriques sous-climatiques ($> 1\ 700$ mm - $1\ 700$ à $1\ 300$ mm - $1\ 300$ à $1\ 200$ mm) incluant diverses régions dont les maxima et les minima de pluies sont plus ou moins décalés suivant leur situation géographique et dont la durée de la saison sèche varie entre un et trois mois. Dans ces régions, les processus de ferrallitisation et de lessivage se manifestent avec diverses intensités.

1. La ferrallitisation.

Le rapport moléculaire $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ traduit un état ferrallitique du sol, résultant de la destruction plus ou moins complète des minéraux primaires silicatés du granite (microcline, plagioclase, micas, amphiboles), de la formation d'hydroxyde d'alumine et d'argiles du groupe kaolinique.

Si nous étudions la répartition géographique des valeurs du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, dans les divers horizons pédologiques jusqu'à l'argile tachetée des sols de plateaux, nous constatons que les valeurs les plus basses

(< 1,7) sont situées strictement dans la région S - W, la plus humide de la Côte d'Ivoire (*voir tableau XIII*).

Le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ présente en général des valeurs voisines de deux mais elles ont tendance à croître dans le milieu granitique des régions moins pluvieuses, sous les conditions climatiques de la Côte d'Ivoire forestière. Dans une classification des sols ferrallitiques sur granites, les isohyètes 1 700 et 1 300 mm devraient permettre de limiter trois zones ferrallitiques, l'une d'intensité normale (sols ferrallitiques typiques), les deux autres d'intensité moindre (sols faiblement ferrallitiques et sols de transition).

Les profils et les prélèvements ont été considérés comme représentatifs de l'état actuel d'évolution du sol.

S'il était reconnu que dans les régions à pluviométrie comprise entre 1 200/1 300 mm, une ferrallitisation assez avancée existât dans certains profils sur granites, il est probable qu'elle devrait être mise en relation avec des influences paléoclimatiques.

TABLEAU XIII

**Valeur du rapport moléculaire $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$
dans les sols profonds de plateaux,
dans les trois zones pluviométriques**

Zone I P > 1 700 mm	Zone II P entre 1 700 et 1 300 mm	Zone III P entre 1 300 et 1 100 mm
AYA. 1 .. 1,9 à 2,2	ADZ. 1 ... 1,9 à 2,0	BON. 1 .. 2,0 à 2,3
MAN. .. 1,5 à 2,0	AGV. 3 ... 1,9 à 2,0	FOR. 1 .. 2,0 à 2,6
W. 8 .. 1,3 à 1,4	BRA. 7 ... 1,9 à 2,0	MANCK. 1 .. 1,8 à 2,1
W. 13 .. 1,6 à 1,9	BROU. 1 ... 1,9 à 2,0	SEG. 3 .. 2,1 à 2,2
W. 14 .. 1,8	DIV. 4 ... 1,8 à 1,9	TO. 7 .. 1,7 à 2,3
W. 23 .. 1,8 à 2,0	DIV. 5 ... 1,8 à 2,3	YAM. 1 .. 1,9 à 2,1
W. 28 .. 1,7 à 1,9	DIV. 6 ... 1,8 à 2,0	
W. 29 .. 1,7 à 1,9	DIV. 8 ... 1,8	
W. 33 .. 1,9	GG. 5 ... 1,9 à 2,1	
W. 35 .. 1,4	LAG. 5 ... 1,9 à 2,0	
W. 36 .. 1,5	LK. 5 ... 1,9 à 2,1	
	NIAB. 1 ... 1,7 à 2,0	
	SS. 4 ... 1,9 à 2,3	
	SS. 6 ... 1,8	
	SS. 8 ... 2,0 à 2,2	
Moyenne... 1,74	Moyenne... 1,95	Moyenne... 2,08

2. Le lessivage.

Dans le sol, les mouvements d'infiltration de l'eau assurent l'entraînement en profondeur des produits solubles ou pseudo-solubles. Il en résulte une désaturation chimique des horizons de la zone superficielle du sol, traduisant un état de lessivage dont l'intensité est très variable suivant les conditions pluviométriques.

La profondeur de l'horizon d'accumulation argileuse et le rapport de lessivage en argile, dont nous avons parlé dans les caractères généraux des sols de plateaux, ne permettent pas de faire une comparaison satisfaisante entre les sols des différentes zones climatiques par suite de l'interférence des phénomènes superficiels d'érosion. Par contre, les valeurs de la somme des bases échangeables totales et du taux de saturation en bases du complexe absorbant argilo-humique soit en surface, soit à une profondeur moyenne de 1 m, peuvent être considérées comme représentatives d'un état de lessivage, pour des sols ferrallitiques profonds prélevés dans des conditions identiques (*). Le tableau suivant situera les limites des variations de ces valeurs et leurs moyennes arithmétiques pour un certain nombre de sols forestiers dans les trois zones pluviométriques. Ces différentes valeurs ne sont comparables entre elles climatiquement que pour les horizons de même profondeur, soit en surface, soit à 1 m.

	Zone I P > 1 700 mm		Zone II P entre 1 700 et 1 300 mm		Zone III P entre 1 300 et 1 100 mm	
	Somme des bases échangeables en meq %					
	Variations	Moy.	Variations	Moy.	Variations	Moy.
	Surface					
	0-10 cm	0,89 à 2,31 (1,35)	1,73 à 12,81 (6,99)	3,22 à 14,71 (6,78)		
	Profondeur					
	100 cm	0,54 à 1,08 (0,76)	1,30 à 4,49 (2,48)	2,54 à 5,88 (4,11)		
	Saturation en bases du complexe absorbant en %					
	Variations	Moy.	Variations	Moy.	Variations	Moy.
	Surface					
0-10 cm	12 à 22 (17,4)	36 à 92 (69,4)	68 à 97 (79,6)			
Profondeur						
100 cm	15 à 29 (22,1)	15 à 95 (53,7)	43 à 82 (68,8)			

(*) Nota. — Le taux de saturation en bases de la terre fine représente en fait celui des fractions argileuse et limoneuse puisqu'il ne subsiste plus de fragments de roche en voie d'altération et que les minéraux résiduels des sables sont constitués essentiellement de quartz.

D'après ces valeurs et en particulier celles du taux de saturation en bases, nous observons qu'un gradient décroissant de l'intensité du lessivage suit l'abaissement de la pluviométrie et que, dans une certaine mesure, les zones II et III peuvent être distinguées pédologiquement grâce au critère du lessivage, alors que le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ne permettait pas d'apprécier une différence aussi sensible dans l'état de ferrallitisation des mêmes zones.

Si nous utilisons cette conclusion dans un but cartographique, les isohyètes 1 700 mm et 1 300 mm doivent nous permettent de distinguer, dans les limites d'extension des sols ferrallitiques et faiblement ferrallitiques sur granites, trois zones dont le lessivage présente des intensités variables : forte, moyenne, modérée et qui correspondent aux valeurs de drainage calculé de S. HENIN (> 700 mm, 400 à 500 mm, 300 à 400 mm).

Le nombre limité des postes météorologiques et le nombre restreint des années d'observations ont permis d'effectuer seulement un tracé très schématique des isohyètes. Il ne semble pas impossible, a priori, d'affirmer que l'utilisation de ce critère du lessivage puisse permettre de préciser certaines limites pluviométriques au sein de la zone forestière. Nous citerons comme exemple, la région axée sur BALÉKO - ADÉBEM et MOKTADOUGOU, située entre GAGNOA - DIVO au Nord et SASSANDRA - GRAND-LAHOU au Sud ; elle présente des sols dont le lessivage est comparable à celui des sols de la région Sud-Ouest la plus humide. Or, en l'absence de postes météorologiques dans cette région, l'interprétation du tracé des isohyètes est très approchée et une pluviométrie de 1 500 à 1 600 mm y est figurée. Il n'est pas exclus que la moyenne annuelle pluviométrique soit plus élevée le long de cet axe W-E, mais il est possible également, que ce fort lessivage soit dû à une période paléoclimatique plus humide, assez récente.

II. — LES SOLS ET LA ROCHE-MÈRE.

Quatre faciès de roches granitiques peuvent être mis en comparaison dans cette étude des relations entre la roche-mère et les propriétés physico-chimiques des sols. Ce sont parmi les granites calco-alkalins : le faciès à muscovite, le faciès à biotite et le faciès à biotite et amphibole. Les granodiorites donnent des sols très voisins de ce dernier faciès (*). Les comparaisons seront faites sur les échantillons prélevés dans une même zone pluviométrique (voir tableau XIV).

Les profils AYA. 8 et W. 23, formés l'un sur granodiorite, l'autre sur granite calco-alkalin à biotite et muscovite, sous une pluviométrie

(*) Nota. — Les références sur la composition chimique et minéralogique des différents types de granites calco-alkalins et des granodiorites sont données dans le tableau I. Première partie : le substratum grani-

de 1 700 à 1 800 mm montrent des différences sensibles, dans leurs résultats analytiques, au point de vue textural et chimique. Dans le sol sur granodiorite, la texture est plus argileuse : de la surface à 1 m de profondeur, 39 à 67 % d'argile sur γ^{IV} , 14 à 36 % d'argile sur γ'''_{bm} . Les teneurs relatives en magnésium par rapport au calcium sont aussi, plus importantes, le rapport CaO/MgO a des valeurs variant dans le même sens que dans les roches-mères : 2 à 3,1 sur sol de γ^{IV} , 5,1 à 6,4 sur sol de γ'''_{om} , alors que dans les roches fraîches, nous avons 1,6 à 2,3 sur γ^{IV} , 2,3 à 3,3 sur γ'''_{bm} . Par contre les teneurs relatives en potassium sont moins élevées dans le sol sur γ^{IV} : rapports CaO/K_2O et MgO/K_2O plus élevés dans le sol sur γ^{IV} , comme dans les roches fraîches : CaO/K_2O de 1,6 à 2,7 sur γ^{IV} et de 0,7 à 0,96 sur γ'''_{bm} , et pour MgO/K_2O : 1,16 à 1,2 sur γ^{IV} et 0,07 à 0,28 sur γ'''_{bm} .

Ces deux profils ont cependant des caractères communs de la zone ferrallitique fortement lessivée : pH de 4,4 à 4,6, saturation en bases échangeables peu élevée (15 à 25 %). Les teneurs en matière organique sont très voisines : 3, 2 et 4 %. Ces sols présentent tous deux un concrétionnement ferrugineux dense vers 40 à 50 cm.

Les profils W. 26 et W. 41 ont été prélevés dans la même région, de l'Ouest Côte d'Ivoire au Sud de DUÉKOUÉ ; la pluviométrie est évaluée à 1 700 mm environ. Dans l'étude régionale où ces profils ont été cités (DABIN-LENEUF), les sols de plateaux ont été classés dans les sols ferrallitiques fortement lessivés, mais avec deux faciès différents : l'un à faciès « pauvre » sur granite à muscovite, l'autre à faciès « riche » sur granites ou migmatites à biotite et amphibole. Les différences texturales sont minimales entre ces deux profils : 16 et 28 % d'argile sur γ'''_m , 14 et 33 % sur γ'''_{ba} . Par contre nous y observons de fortes variations dans la teneur en bases échangeables (voir tableau XIV). Les teneurs relatives en MgO et K_2O sont nettement plus élevées et la somme globale de bases plus importante dans le sol issu de l'altération de granite à biotite et amphibole. La différence est accusée en profondeur mais elle est encore plus importante dans l'horizon superficiel

tique. Cependant, nous donnerons ci-dessous les valeurs des rapports entre les teneurs en CaO , MgO et K_2O de ces roches.

Rochemère	CaO/MgO	CaO/K_2O	MgO/K_2O
γ'''_m	6,3	0,22	0,03
γ_{Gm}	9,4	0,90	0,09
γ'''_b	2,3	0,17	0,07
—	3,3	0,96	0,28
γ'''_{ba}	1,6	1,7	1,05
$\gamma_{Gb a}$	3,0	2,0	0,68
γ	1,6	1,6	1,16
—	2,3	2,7	1,20

où la matière organique végétale libère par sa décomposition de plus fortes quantités de bases et assure la constitution d'un stock important (10,2 meq au lieu de 1,35). Bien que situés sur un même plateau, ces deux sols présentent une différence azonale trouvant son origine dans la constitution minéralogique différente des deux roches-mères. La proportion plus élevée d'éléments ferro-magnésiens, libérant de plus fortes quantités d'hydroxydes de fer, contribue aussi à donner aux profils sur γ'''_b , γ'''_{ba} ou γ^{IV} une teinte brun-rouge plus accentuée.

Dans la région forestière centrale, au N-Est de DIVO (pluviométrie voisine de 1 300 à 1 500 mm), nous citerons deux profils de sols, DIV. 6 et HI. 53, formés respectivement sur granite à muscovite et granodiorite (biotite et hornblende verte). La texture superficielle est plus argileuse sur γ^{IV} et les possibilités de réserve en eau sont plus grandes: 16 % au lieu de 8 %. Le rapport CaO/MgO présente ses valeurs les plus basses sur γ^{IV} . Les teneurs relatives en K_2O échangeable sont très faibles également sur cette roche.

Ces différences, très succinctement mentionnées, observées dans ces trois séries de profils soulignent l'influence des faciès de la roche-mère sur l'aspect morphologique et certaines propriétés physico-chimiques des sols de plateaux, de type ferrallitique fortement ou moyennement lessivés. Les caractères azonaux, déterminés par le faciès de la roche-mère, sont de moins en moins accusés dans les régions dont la pluviométrie dépasse 1 700 à 1 800 mm. Ils peuvent cependant avoir une incidence sensible sur les problèmes de fertilité lorsque des variations importantes se manifestent dans la texture ou les équilibres chimiques.

TABLEAU XIV

I. — Zone à forte pluviométrie > 1 700 mm

	PROFIL AYA. 1		PROFIL W. 23	
	Granodiorite		Granite à 2 micas	
Roche-mère.....				
Couleur du sol.....	brun	jaune rouge foncé	gris-brun	jaune- rouge
Profondeur en cm ..	0-10	100	0-10	100
Argile en..... %	39	67	14	36
Limon en..... %	6	7	2	11
Sable fin en..... %	18	9	33	16
Sable grossier en %	25	11	45	34
pH.....	4,4	5,1	4,6	4,8
Bases échangeables en meq %.				
CaO.....	1,44	0,50	0,51	0,45
MgO.....	0,72	0,16	0,10	0,07
K ² O.....	0,09	0,02	0,09	0,02
Na ² O.....	0,06	0,08	0,19	0,17
Somme.....	2,31	0,76	0,89	0,71
Rapport CaO/MgO..	2,0	3,1	5,1	6,4
Rapport CaO/K ² O ..	16	25	5,6	22
Rapport MgO/K ² O..	8	8	1,1	3,5

	PROFIL W. 41		PROFIL W. 26	
	Granite à biotite et amphibole		Granite à muscovite	
Roche-mère.....				
Couleur du sol.....	brun	brun-rouge	gris-beige	jaune- rouge
Profondeur en cm ..	0-10	100	0-10	100
Argile en..... %	14	33	16	28
Limon en..... %	5	11	3	3
Sable fin en..... %	36	26	37	24
Sable grossier en %	36	26	40	41
pH.....	6,1	5,5	4,5	4,7
Bases échangeables en meq %.				
CaO.....	8,10	1,85	1,10	0,55
MgO.....	1,68	0,60	0,14	0,06
K ² O.....	0,33	0,17	0,05	0,01
Na ² O.....	0,17	0,13	0,06	0,05
Somme.....	10,28	2,05	1,35	0,67
Rapport CaO/MgO...	4,8	1,9	7,8	9,0
Rapport CaO/K ² O...	24	6,7	22	55
Rapport MgO/K ² O..	5,2	3,5	2,8	4

TABLEAU XIV (suite)

II. — Zone à pluviométrie moyenne : 1 300 à 1 500 mm

	PROFIL DIV. 6		PROFIL HL. 53	
	Granite à muscovite		Granodiorite	
Roche-mère.....	0-10	100	0-10	100
Profondeur en cm...	gris	rougeâtre clair	brun- foncé	brun- rouge
Couleur du sol.....				
Argile..... %	13	45	26	44
Limon..... %	8	8	6	9
Sable fin..... %	40	19	44	24
Sable grossier... %	32	23	19	18
Eau utilisable (pF3-pF4,2).... %	8	—	16	—
pH.....	6,6	5,6	6,6	6,2
Bases échangeables en meq %.				
CaO.....	7,82	2,60	5,96	1,88
MgO.....	1,42	1,32	1,96	2,04
K ² O.....	0,17	0,45	0,07	0,05
Na ² O.....	0,05	0,07	0,06	0,06
Somme.....	9,46	4,44	7,99	4,20
Rapport CaO/MgO...	5,5	1,9	3,0	0,9
Rapport CaO/K ² O...	4,6	5,7	85	37
Rapport MgO/K ² O...	8,3	2,8	28	40

III. — LES SOLS ET LA VÉGÉTATION.

L'esquisse botanique de G. MANGENOT et J. MIÈGE situe les limites principales des grands groupements végétaux de Côte d'Ivoire forestière dont la répartition est en premier lieu un fait climatique. Cependant, le milieu édaphique issu du substratum précambrien et tertiaire intervient dans l'établissement des types de forêt au sein d'une même zone climatique et peut en modifier sensiblement les limites.

1. **La forêt hygrophile.** — Sa limite septentrionale est climatique (Pluviométrie $> 1\ 700$ mm). Deux types se partagent son aire d'extension : la forêt à *Turraecanthus*, la forêt à *Mapania*. G. MANGENOT souligne le déterminisme édaphique de la forêt à *Mapania*, limitée aux sols issus de schistes et de roches basiques, mais aussi aux sols issus de granites « dont la teneur en argile est suffisante pour permettre l'installation de ce groupe sylvaïque ». Son contact est extrêmement brutal avec la forêt à *Turraecanthus* lorsque le substratum schisteux passe aux sables tertiaires en pleine zone climatique équatoriale.

La limite septentrionale de la forêt à *Mapania* peut être assez mal définie sur un ensemble homogène de sols argileux, par suite d'une tolérance d'origine édaphique ; mais elle apparaît brutalement sur le contact géologique schistes-granites (MANGENOT). A ce sujet, il nous paraît utile de préciser le rôle important que doivent jouer dans le milieu édaphique des régions granitiques, les sols profondément lessivés des bas de pente, possédant une texture très sableuse et une grande perméabilité, créant des conditions hydriques nettement différentes de celles des sols ferrallitiques de plateaux dont les caractéristiques physico-chimiques sont au contraire capables de satisfaire pleinement le maintien de la forêt à *Mapania*. Les sols lessivés sableux se présentent fréquemment en aires très vastes dans lesquelles les formations sablo-argileuses ou argileuses des plateaux n'apparaissent plus que dans des surfaces limitées et, où les sols hydromorphes de talwegs sont réduits à de simples bas-fonds de marigots (Ex. : Forêt de BRABODOUGOU au Sud-Est de DIVO (voir carte MOULINIER) - Forêt de KOLÉAHINOU-KILÉLI au Sud de DUÉKOUÉ). Il en résulte un caractère édaphique plus sec dominant dans l'ensemble de certaines régions granitiques et qui favorise plutôt l'installation de groupements forestiers de type mésophile.

2. La forêt mésophile. — Elle se subdivise en trois zones à gradient d'humidité décroissante, jusqu'à la limite méridionale des savanes préforestières baoulées. La disposition générale de cette limite savane-forêt suivant l'inflexion du « V » BAOULÉ est en relation très étroite avec la pluviométrie, mais résulte également d'un déterminisme du milieu édaphique.

Il a été d'abord constaté que la **branche Est du « V BAOULÉ »** de la limite savane-forêt est superposée au contact NE-SW. schistes birrimiens et granites calco-alkalins, ainsi qu'au tracé général de la rivière NZI. L'étude des sols à SINGROBO, DIMBOKRO, et MBAHIAKRO montre effectivement une variation importante des constituants du sol de part et d'autre de cette limite.

- A SINGROBO : la forêt est située sur des sols ferrallitiques rouges argileux et les terres brunes sur amphibolites.

— le domaine des savanes à rôniers qui ont été observées près de la plantation ORANGE, est installé sur des sols sableux profondément lessivés sur granites.

A l'Est de DIMBOKRO (Route de BONGOUANOU), le domaine forestier est limité aux sols ferrallitiques issus des schistes birrimiens. Par contre, les premières savanes (faciès très herbacé) apparaissent sur les sols sablo-graveleux formés sur les terrasses alluviales anciennes du NZI.

A l'Ouest de MBAHIAKRO (route de BOUAKÉ) la limite savane-forêt coïncide en partie avec le contact granites-schistes. Les

sols dérivés de l'altération des granites sont représentés sur de grandes superficies par des arènes sableuses profondes et très lessivées (Profil FM. 6), et sont occupés par des savanes.

- Au S.-E. de MBAHIAKRO, sur la route d'OUELLÉ, les savanes de la bordure forestière (rive gauche du NZI) sont situées dans les mêmes conditions pédologiques que celles de DIMBOKRO : alluvions sablo-graveleuses des terrasses anciennes du NZI.

La branche Ouest du « V BAOULÉ » (NW-SE) recoupe perpendiculairement les contacts géologiques granites-schistes puisque la direction générale de la tectonique est orientée SW-NE. La limite savane-forêt suit schématiquement le tracé des isohyètes 1 200 mm et 1 300 mm jalonnés par les postes de VAVOUA, BOUAFFLÉ, YAMOUSSOUKRO, OUMÉ, TOUMODI. Les massifs de roches basiques (Mts du YAOURÉ, Mts de KOKUMBO) assurent une implantation plus stable de la forêt dans le domaine des savanes baoulées, mais par contre de fréquents îlots de savane se trouvent inclus dans la zone forestière proprement dite. Des observations pédologiques ont donné les résultats suivant dans ces îlots :

- Route DALOA-VAVOUA, région granitique homogène. La première clairière de savane à *Phenix reclinata* est située dans une zone basse sur des sols sableux lessivés à hydromorphie de profondeur et inondés pendant deux à trois mois en saison pluvieuse (septembre-octobre).
- Route SINFRA-BOUAFFLÉ, région granitique homogène. Une grande zone de savane arbustive, appelée Plaine des Eléphants, orientée NW-SE est traversée par cette route et la piste SINFRA-BAZAI. Située dans une région topographiquement basse, elle est constituée de formations sableuses arénacées, plus ou moins colluviales, sur lesquelles nous observons des sols lessivés à hydromorphie permanente en profondeur.
- Route OUMÉ-HIRÉ, région schisteuse homogène. Les îlots de savane inclus dans la zone forestière sont situés sur des bowés latéritiques de zone schisteuse.
- Piste HIRÉ-TABO : la limite savane-forêt coïncide avec un contact sols ferrallitiques argileux rouges sur granodiorites et sols sableux gris lessivés, sur granites calco-alcalins (Profil HI. 85) ou sur des alluvions du BANDAMA.
- Piste TIASSALÉ, SOKOROBO, AHOUATI. La limite savane-forêt située au Sud de SOKOROBO est voisine d'un contact schiste-granite. La forêt est limitée aux sols gris argilo-limoneux, plus ou moins hydromorphes sur alluvions, ou aux sols ferrallitiques rouges sur schistes et sur quelques affleurements de roches basiques.

La savane débute sur des sols plus sableux, très lessivés, sur granites. Cette limite est à rattacher à la partie Sud de la branche Est du « V BAOULÉ ».

Dans la zone forestière, les premiers îlots de savanes apparaissent dans des zones basses, mal drainées, sur alluvions sableuses de terrasses anciennes.

Au nord d'AHOUATI, les derniers groupements forestiers du Massif de ZARÉKO, ZÉGO, HIRÉ sur roches basiques s'opposent aux zones de savanes sur sols sableux d'origine granitique (SK. 4).

Ces observations que nous pourrions multiplier sur le contact entre les groupements forestiers et les savanes de la région baoulée montrent que si la limite générale savane-forêt est conditionnée en premier lieu par un fait climatique, dans le détail, les limites sont étroitement associées à un milieu édaphique et en particulier à ses caractéristiques hydriques.

Un sol, pédologiquement « sec », dont le domaine d'eau utilisable est extrêmement restreint, malgré un engorgement temporaire saisonnier (sols sableux lessivés hydromorphes, sols cuirassés des bowés), qu'il soit d'origine granitique, schisteuse ou alluviale, sera le site préférentiel de la savane, là où une limite climatique de végétation est possible. En relation avec les grandes périodes pluviales du quaternaire et de l'époque actuelle, toute la région baoulée a été le siège de fluctuations climatiques anciennes, qui ont entraîné des avancées ou des reculs de la forêt. Les observations récentes des botanistes (MANGENOT-MIEGE) semblent prouver que la moyenne Côte d'Ivoire est dans une période active de reforestation pendant laquelle les sols sableux ou cuirassés peuvent être recolonisés par les groupements forestiers, mais leurs caractéristiques hydriques défavorables provoquent un certain retard dans cette extension végétale et expliquent en partie la différenciation des sols à la limite savane-forêt. Les sols sableux lessivés d'origine granitique ont ainsi un rôle important, mais non exclusif dans l'extension des domaines de la forêt et de la savane. Il nous a paru utile d'attirer l'attention sur ce fait qui doit être rapproché davantage des conditions strictement pédologiques plutôt que des variations pétrographiques du substratum.

IV. — SOLS ET PALÉOPÉDOLOGIE

Dans la région Sud de GAGNOA et LAKOTA, suivant une direction générale SW-NE (BALÉKO, ADEBEM, LAKOTA), certains sols ferrallitiques de plateaux de la zone forestière présentent une morphologie superficielle inhabituelle.

Deux profils GG. 4 et SS. 6 seront décrits : l'un observé à quelques kilomètres au N-E de LAKOTA (route GAGNOA-DIVO), l'autre dans la forêt de BALÉKO (route GAGNOA-SASSANDRA).

1. PROFIL GG. 4

Le front de la coupe a pu être examiné sur une distance de 200 à 300 m et sur une profondeur maximum de 5 m dans la partie centrale du mamelon qui a été entaillé par les travaux routiers (l'horizon humifère dégradé par les engins mécaniques n'a pu être observé).

Un profil de 4 m montre les horizons suivants :

- 0-200 cm : niveau graveleux et caillouteux (quartz, éléments ferrugineux et bauxitiques) avec liant argileux brun-rougeâtre sur 1,50 m, puis brun-jaunâtre de 150 à 200 cm ;
- 200-350 cm : rougeâtre, argileux, avec graviers quartzeux anguleux très abondants ; oolithes alumineuses isolées dispersées dans la partie supérieure de cet horizon ;
- 350-400 cm : tacheté brun-rouge, brun jaunâtre, argileux, avec graviers anguleux de quartz peu abondant et plus ou moins alignés (filons) ;
- 400 cm : roche altérée à texture gneissique ; litages micacés de teinte violacée et litages blancs d'aspect kaolinique. Alvéoles ou fissures remplies d'argile rougeâtre dans la roche altérée.

Les graviers et cailloux de l'horizon supérieur sont constitués des matériaux suivants :

Quartz : anguleux ou émoussé ; saccharoïde, friable, souvent imprégné d'oxydes de fer ; parfois compact, très dur, blanc ou jaunâtre.

Eléments ferrugineux

- blocs de cuirasse démantelée à structure très compacte ou alvéolaire, brun-rouge et violacé ;
- nodules ferrugineux très durs à texture fine de teinte brun-rouge foncé, violacé ; formes extérieures arrondies et aspect vernissé ;
- grès avec sables quartzeux mats, émoussés (faciès « grains de riz ») et ciment ferrugineux brun-rougeâtre ou brun-jaune foncé.

Eléments bauxitiques :

- blocs de cuirasse oolithique, de forme arrondie, de teinte blanche, rosée ou rougeâtre ;
- oolithes alumineuses isolées, dispersées dans l'ensemble de l'horizon.

Une plaque mince faite dans les oolithes montre qu'elles sont constituées de deux minéraux essentiels : l'un isotrope la clivachite ; l'autre anisotrope, la gibbsite, localisée au centre des oolithes. Dans la bauxite, la gibbsite tapisse les méats entre les oolithes. Nous y relevons également la présence de quelques zircons, d'oxydes de fer et du quartz rare. Un examen aux rayons X confirme la présence de gibbsite, mais a permis de déceler la présence de *boehmite* (Al^2O_3 , H_2O) hydroxyde d'alumine que nous n'avions pas encore identifié dans les faciès d'altération.

2. PROFIL SS. 6

Dans la forêt et les environs de BALÉKO (km 74), les travaux routiers ont mis à jour un certain nombre de coupes dans des mamelons du substratum granitique. Elles présentent un niveau supérieur caillouteux, constitué d'éléments ferrugineux et bauxitiques analogues à ceux de LAKOTA. Le profil SS. 6 au Sud de la maison forestière montre les horizons suivants :

- 0- 20 cm : brun, argilo-sableux, graviers, légèrement humifère ;
- 20- 80 cm : niveau très graveleux (quartz, bauxites oolitiques et nodules ferrugineux) avec liant argilo-sableux brun-ocre ;
- 80-200 cm : tacheté brun-rouge, ocre-jaune et gris blanc, argileux ;
- 200-260 cm : roche-mère en voie d'altération se présentant sous forme d'un énorme bloc se débitant en plaquettes concentriques rougeâtres, au contact de l'argile tachetée.

Vers la roche saine qui constitue encore le centre du bloc, les plaquettes deviennent blanchâtres et sont séparées par des lignes d'imprégnation par les oxydes de fer. Dans la roche saine, des dépôts d'oxydes de manganèse sont visibles dans les premières fissures.

La roche-mère est une migmatite à biotite et hornblende verte. Dans le niveau graveleux nous retrouvons peu d'éléments de cuirasse ferrugineuse de type alvéolaire ; par contre, les nodules ferrugineux compacts vernissés et aux formes arrondies, sont très abondants. Les bauxites se présentent parfois sous une forme oolithique plus fine qu'à LAKOTA et certaines sont très dures et riches en silice ; leur teinte est blanche ou rosée. En plaque mince, elles apparaissent formées d'un constituant amorphe, avec quelques rares zircons ; un examen aux rayons X révèle la présence de kaolinite en forte proportion, de goethite et de faibles quantités de gibbsite. L'excès d' Al^2O^3 (rapport $\frac{\text{SiO}^2}{\text{Al}^2\text{O}^3} = 1,20$) serait sous forme de gels amorphes.

Dans une coupe voisine, nous retrouvons des éléments identiques qui ont été recimentés en cuirasse conglomératique par des oxydes de fer.

Caractères analytiques de ces profils

	GG. 41	GG. 42	GG. 43	SS. 61	SS. 62
Profondeur.....	100	200	300	30-50	180-200
Refus > 2 mm.....	72	39	6	47	6
Argile %.....	53,2	50,0	45,7	37,0	42,0
Limon %.....	15,2	15,5	26,2	5,7	17,5
Sable fin %.....	8,8	11,6	15,5	13,2	15,4
Sable grossier %.....	16,0	18,0	8,5	37,5	21,4
pH.....	4,8	5,5	5,4	5,1	5,6

Bases échangeables en meq %.

CaO.....	0,80	0,90	0,84	1,40	1,0
MgO.....	0,18	0,22	0,22	0,30	0,18
K ² O.....	0,02	0,01	0,01	0,05	0,01
Na ² O.....	0,07	0,09	0,09	0,07	0,11
Somme.....	1,07	1,22	1,16	1,82	1,30
Saturation en bases en %..	15	32	34	39	32

Éléments totaux.*1. Sur la terre fine des horizons pédologiques.*

Quartz + Insoluble.....	15,17	11,19	27,42	56,43	28,84
Silice combinée.....	31,41	34,68	31,70	16,00	27,53
Al ² O ³	27,12	30,40	27,21	14,33	24,92
Fe ² O ³	13,81	9,94	3,38	5,47	7,30
TiO ²	0,70	0,82	0,45	0,52	0,67
P ² O ⁵	0,06	0,11	0,10	0,03	0,04
Perte au feu.....	12,48	12,90	10,12	7,38	10,65
Total.....	100,75	99,04	100,38	100,17	99,95

Rapport moléculaire.

SiO ² /Al ² O ³	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8
--	-----	-----	-----	-----	-----

2. Sur des matériaux grossiers de l'horizon caillouteux.

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
	—	—	—	—	—
Silice totale.....	2,42	1,12	34,19	37,1	1,41
Al ² O ³	65,03	65,43	48,15	22,6	63,05
Fe ² O ³	6,30	5,22	0,70	29,0	13,58
TiO ²	1,46	2,61	1,90	1,4	0,87
P ² O ⁵	0,05	—	—	—	—
Perte au feu.....	26,23	25,36	14,46	9,8	21,60
Total.....	100,79	99,15	99,40	99,9	100,51

Rapport moléculaire.

SiO ² /Al ² O ³	—	—	1,20	—	—
--	---	---	------	---	---

N° 1. Oolithe bauxitique isolée (Profil GG. 4).

N° 2. Bloc de bauxite oolithique (Profil GG. 4).

N° 3. Bloc de « bauxite oolithique siliceuse » (Profil SS. 6).

N° 4. Nodule ferrugineux compact.

N° 5. Bloc de bauxite oolithique des collines d'ADÉBEM.

OBSERVATIONS COMPLÉMENTAIRES

Dans la région d'ADÉBEM (Route LAKOTA, SASSANDRA, km 70) nous retrouvons les mêmes éléments caillouteux bauxitiques dans les profils de pente des collines granitiques dont l'altitude atteint 200 m.

La prospection des pentes et de l'un des sommets de collines nous a révélé la présence d'éboulis de cuirasse bauxitique oolithique, à la surface ou dans la zone superficielle du sol ; mais nous n'avons pu en relever aucun niveau en place. Les seules cuirasses observables dans certains points comme à BALEKO, sont dues à une recimentation peu indurée, par des oxydes de fer.

Des prospections minières pour la bauxite ont été faites dans cette région au Sud de LAKOTA. Elles ont montré dans différents sites, des concentrations plus ou moins importantes de blocs résiduels, mais sans gisement en place.

Conclusions et hypothèses paléoclimatiques

— D'après les analyses citées, les bauxites sont caractérisées par leur structure oolithique et leur grande richesse en alumine, très homogène pour les différents échantillons prélevés dans les trois sites indiqués ($\text{Al}_2\text{O}_3 > 60 \%$). Les « bauxites siliceuses » ou plutôt kaoliniques constituent un faciès très particulier de la région de BALÉKO.

— Le dosage des éléments totaux sur les échantillons de terre fine des profils GG. 4 et SS. 6 et sur ceux d'ADÉBEM révèle que ces sols sont de type faiblement ferrallitique (rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de 1,8 à 1,9), avec une légère accumulation d'alumine dans l'horizon d'argile tachetée et les horizons supérieurs, comme dans les autres sols ferrallitiques de la zone forestière de Côte d'Ivoire. Les teneurs faibles en bases échangeables et les taux de saturation du complexe absorbant traduisent un lessivage de zone très humide et il est possible que dans cette région la pluviométrie moyenne annuelle soit plus élevée de quelques centaines de millimètres que celle qui a été indiquée sur l'esquisse schématique des isohyètes. Cette pluviométrie ne pourrait expliquer cependant la formation de ces bauxites en assises discontinues et aussi hétérogènes. Aussi, il nous paraît vraisemblable de considérer ces blocs comme des produits résiduels de démantèlement de cuirasses anciennes dont les conditions de genèse n'existent plus actuellement.

D'après R. MAIGNIEN « les faciès oolithiques se retrouvent à la surface des vieilles formations cuirassées, en taches, là où le remaniement superficiel par l'eau a pu se produire, et où s'étaient des cuvettes marécageuses en saison des pluies ; ou se présentent dans des gisements complexes, par poches, au milieu de dépôts hétérogènes plus ou moins cuirassés qui indiquent une circulation intense de l'eau lors de la sédimentation ».

Ces deux observations effectuées en Guinée traduisent d'une part, que la genèse de ces bauxites oolithiques doit être contemporaine d'importantes formations cuirassées et d'épisodes marécageux qui n'existent plus actuellement sur ces croupes granitiques ; d'autre part, que des actions intenses de l'érosion ont provoqué le démantèlement de ces

formations cuirassées et des reliefs qui les supportaient. Dans quelques massifs de roches basiques (Mont KOPÉ : région Ouest entre TABOU et TAI ; Montagne de ZARÉKO et Mont ORUMBOBOKA : région forestière centrale) à une altitude de 350 à 550 m, nous trouvons encore les sommets coiffés de carapaces ferrallitiques tabulaires à structure massive, légèrement alvéolaire, et dont les compositions chimiques sont très voisines (Al_2O_3 : 42 à 45 %, Fe_2O_3 : 28 à 30 %). Ce sont actuellement les seules cuirasses alumineuses que nous puissions localiser en place, en zone forestière. La formation des faciès oolithiques, particulièrement riches en Al_2O_3 (60 à 65 %) dans des épisodes marécageux de bowal, a pu se produire aux dépens de telles formations cuirassées dans les régions granitiques. Sur les collines d'ADÉBEM (altitude de 200 m), qui dominent de 50 à 100 m la pénéplaine environnante, l'abondance des gros blocs bauxitiques situe les anciennes cuirasses à une altitude supérieure, peut être à une côte de 450 à 500 m comme dans les collines de roches basiques déjà citées et qui sont les seuls témoins ayant résisté aux attaques de l'érosion.

Les bauxites kaoliniques à faciès oolithique pourraient trouver leur origine dans une silicification de l'alumine amorphe ou cristallisée de bauxites par des eaux chargées en silice (hypothèse formulée d'après l'étude d'échantillons dans lesquels nous avons tous les termes de transition entre ces deux faciès oolithiques).

Les cycles paléoclimatiques définis chronologiquement par URVOY, R. SCHNELL, DRESCH, en Afrique occidentale, plus spécialement en Guinée par R. MAIGNIEN, sont toujours mis en relation avec certaines formes du cuirassement alumineux et ferrugineux, dans les matériaux issus de l'altération des roches du socle, dans les terrasses alluviales ou dans des formations colluviales. Sans entrer dans le détail de ces cycles sur lesquels nous n'avons pas de renseignements suffisants, en particulier pour les terrasses alluviales, nous pouvons situer cependant plusieurs phases climatiques biostasiques et rhexistasiques, selon la terminologie employée par H. ERHART :

1. — Sous un climat équatorial très humide de forêt dense, une phase biostasique avec altération ferrallitique profonde s'est développée sur le substratum précambrien pénéplané (niveau actuel de 450 à 500 m).

2. — Sous un climat de plus en plus sec, de type soudanien, la forêt s'est considérablement réduite et les matériaux ferrallitiques meubles de la pénéplaine se sont indurés, en même temps que se développait une action érosive intense assurant le creusement des grandes vallées dans le socle et le démantèlement progressif des reliefs tabulaires cuirassés, dont il ne reste plus aujourd'hui que des témoins sur roches basiques. C'est la phase rhexistasique au cours de laquelle se sont produites de nombreuses fluctuations climatiques secondaires, et dans laquelle nous situerons toutes les manifestations importantes de

cuirassement ferrugineux, alumineux et même manganésifère (MOKTA-DOUGOU) qui se sont développées jusqu'à la côte atlantique (FRESCO).

3. — Sous les conditions climatiques récentes et actuelles, où la reforestation progresse dans la région centrale de la Côte d'Ivoire, depuis les blocs forestiers Est et Ouest, nous sommes dans une nouvelle période biostatique dont les processus de ferrallitisation ont une intensité modérée.

En résumé, ces dépôts hétérogènes bauxitiques de la région granitique centrale doivent être mis en relation avec des influences paléoclimatiques. Ils ont cependant une action sur la pédogénèse actuelle, d'une part par les perturbations texturales qu'ils apportent dans la partie superficielle du sol, d'autre part par le stock d'hydroxydes qui les constituent et qui sont susceptibles d'être remis en solution par l'eau du sol, en particulier les hydroxydes de fer qui ont manifestement provoqué des reconsolidations secondaires de ces matériaux conglomératiques.

TROISIÈME PARTIE

INTERPRÉTATIONS - CONCLUSIONS

TROISIÈME PARTIE

INTERPRÉTATIONS - CONCLUSIONS

ALTÉRATION ET FERRALLITISATION

Dans nos observations sur l'altération des granites calco-alcalins et des granodiorites de Côte d'Ivoire forestière, nous avons identifié un certain nombre de minéraux secondaires ; leur genèse s'est réalisée au cours d'étapes graduelles dont nous nous efforcerons de dégager les principaux aspects.

Deux phases ont été distinguées dans la genèse de ces minéraux :

— **La séricitisation.**

— **Le développement des colloïdes argileux** (« argile » étant pris dans un sens large et désignant tous les minéraux susceptibles d'entrer dans la constitution d'une fraction colloïdale : phyllites et hydroxydes).

Mais avant d'aborder la discussion sur ces phases, nous avons jugé utile d'effectuer le bilan chimique des différents éléments minéraux ayant la possibilité de migrer ou de s'accumuler, par rapport à un élément stable du milieu, en l'occurrence l'alumine dont les capacités migratrices sont extrêmement limitées. La quantité d'alumine nécessaire à la constitution d'une unité de volume de roche saine a été prise dans chaque profil comme teneur de référence ; elle sera exprimée en g/dm³.

Les profils ont été choisis en fonction des minéraux argileux essentiels distingués dans la fraction colloïdale de la roche altérée : produits kaolinique et gibbsite dans les profils I, II, III, produits montmorillonitique et kaolinique dans les profils IV et V.

Les bilans suivants ont été établis :

I. PROFIL DIV. 5-6

	1	2	3	4	5
	—	—	—	—	—
Al ² O ³	376,2	376,2	376,2	376,2	376,2
SiO ²	1 914,3	1 908,8	1 760,3	959,9	1 822,5
Fe ² O ³	5,7	16,3	18,4	42,1	41,0
FeO.....	18,2	6,4	5,6	—	8,6
TiO ²	0,2	0,1	0,1	3,7	8,4
P ² O ⁵	4,4	4,9	4,1	0,5	—
CaO.....	31,2	23,0	24,8	3,3	11,7
MgO.....	0,7	0,7	0,7	0,8	1,4
K ² O.....	123,5	149,7	138,0	2,8	31,2
Na ² O.....	100,2	97,9	98,1	16,2	11,2
H ² O.....	7,5	21,5	31,8	117,2	121,6

1. — Roche saine (granite calco-alcalin à muscovite).
2. — Roche blanchie compacte.
3. — Roche ferruginisée friable.
4. — Argile tachetée profonde.
5. — Argile tachetée superficielle, au milieu de blocs altérés.

II. PROFIL AYA. 9

	1	2	3	4
	—	—	—	—
Al ² O ³	325,2	325,2	325,2	325,2
SiO ²	1 959,1	1 809,1	2 048,8	1 093,3
Fe ² O ³	13,0	7,2	198,5	50,4
FeO.....	28,6	8,9	16,9	4,3
TiO ²	0,2	0,2	0,5	0,5
P ² O ⁵	0,1	0,12	0,14	0,06
CaO.....	40,0	23,8	12,2	6,0
MgO.....	23,6	18,2	7,3	2,5
K ² O.....	82,6	97,6	52,2	10,4
Na ² O.....	109,7	121,9	40,2	21,1
H ² O.....	11,9	14,3	201,4	160,9

1. — Roche saine (granite calco-alcalin à 2 micas).
2. — Roche blanchie compacte.
3. — Roche ferruginisée friable sur surface diaclasique.
4. — Argile tachetée profonde.

III. PROFIL AYA. 8

	1	2	3
	—	—	—
Al ² O ³	408,2	408,2	408,2
SiO ²	1 615,4	587,9	816,4
Fe ² O ³	89,3	206,1	306,2
FeO.....	205,2	6,4	—
TiO ²	11,3	10,3	19,8
P ² O ⁵	2,9	1,8	3,7
CaO.....	76,6	7,1	1,9
MgO.....	14,0	3,	0,1
K ² O.....	43,4	13,7	5,5
Na ² O.....	145,8	11,5	13,6
H ² O.....	95,8	194,8	223,3

1. — Roche saine (granodiorite).
2. — Roche « blanchie », compacte.
3. — Argile tachetée.

IV. PROFIL TO. 5

	1	2	3
	—	—	—
Al ² O ³	475,8	475,8	475,8
SiO ²	1 651,7	1 841,8	2 250,6
Fe ² O ³	59,8	126,0	124,0
TiO ²	12,2	10,0	11,1
P ² O ⁵	8,5	1,1	0,3
CaO.....	96,2	66,3	27,9
MgO.....	26,0	29,6	15,8
K ² O.....	39,5	54,8	35,9
Na ² O.....	140,4	135,5	67,2
H ² O.....	31,9	71,1	96,4

1. — Roche saine (granite à amphibole).
2. — Roche altérée.
3. — Horizon argileux meuble au-dessus de (2).

V. PROFILS YAM. 8 et YAM. 7

	1	2	3	4
Al ² O ³	396,0	396,0	396,0	396,0
SiO ²	1 899,0	1 968,0	2 073,0	3 036,0
Fe ² O ³	36,4	27,6	65,8	79,8
TiO ²	2,0	2,2	4,0	6,4
P ² O ⁵	2,0	2,2	6,0	7,2
CaO.....	52,7	30,9	34,6	39,5
MgO.....	2,0	11,5	0,8	1,1
K ² O.....	98,2	182,1	82,9	39,1
Na ² O.....	144,5	129,4	114,9	55,4
H ² O.....	7,2	9,9	84,0	131,4

1. — Roche saine (granite à biotite et muscovite).
2. — Roche « blanchie » très profonde.
3. — Roche très altérée peu profonde.
4. — Horizon argileux meuble au-dessus de (3).

Quelles variations relevons-nous dans les teneurs en éléments par rapport à l'alumine, dans ces différents faciès d'altération ?

La silice totale : dans les roches « blanchies » des trois premiers profils nous enregistrons une baisse très nette des teneurs en silice, et même très brutale dans le profil AYA. 8 (granodiorite). Au niveau de l'argile tachetée, la proportion de silice a diminué de moitié dans les échantillons de AYA. 9 et DIV. 5, par contre nous observons une légère remontée dans AYA. 8.

Deux autres faciès très altérés présentent une augmentation de la teneur en SiO², que nous supposons être en relation, soit avec un remaniement superficiel (DIV. 5 (5) : prélèvement relativement peu profond), soit avec la position de la roche altérée (AYA. 9 (3) : surface diaclasique). Une action mécanique des eaux de ruissellement assurant un déblaiement de matériaux fins pourrait être retenue dans ces deux cas.

Dans ces trois profils (I-II-III), nous avons pu évaluer les teneurs respectives en quartz et silice combinée : par le calcul dans la roche saine, et par les résultats de l'attaque triacide dans l'argile tachetée. Nous constatons les variations suivantes, toujours par rapport aux mêmes quantités d'alumine entre la roche saine et l'argile tachetée :

	Quartz	Silice combinée
Profil I (DIV. 5).....	742 à 583	1 171 à 376
Profil II (AYA. 9).....	886 à 544	1 073 à 548
Profil III (AYA. 8).....	314 à 411	1 301 à 405

Ces valeurs révèlent que, non seulement la proportion de silice combinée s'est abaissée considérablement de $1/2$ à $2/3$ au cours de l'altération, mais que celle du quartz a aussi diminué, sauf dans le profil AYA. 8 où nous enregistrons une légère hausse de la teneur en quartz, fait concordant avec le premier bilan cité.

Dans les deux autres profils (IV et V), caractérisés par le développement de montmorillonite, une augmentation régulière de la teneur en silice totale est enregistrée dans les faciès d'altération et dans le niveau argileux.

Les bases : elles présentent des teneurs de plus en plus faibles dans les faciès altérés et les divers horizons argileux, sauf pour K_2O et quelquefois Na_2O , dont la proportion croît, seulement dans le cas de roches qui en sont à un premier stade d'altération. Dans cette baisse généralisée des teneurs en bases, deux distinctions peuvent être faites : les trois profils caractérisés par une phase kaolinique et gibbsitique présentent un abaissement très important entre roche saine et argile tachetée :

CaO : 3 à 1 - 7 à 1 - 40 à 1.

MgO : > 10 à 1.

K_2O : 8 à 1 - 4 à 1.

Na_2O : 10 à 1 - 5 à 1.

— Dans les deux autres profils qui montrent un développement de montmorillonite, une baisse moins importante est enregistrée entre la roche saine et le niveau argileux :

CaO : 1,5 à 1 - 3 à 1.

MgO : 1,5 à 1 - 2 à 1.

K_2O : 1,5 à 1 - 2,5 à 1.

Na_2O : 2 à 1 - 3 à 1.

Les hydroxydes : un accroissement des teneurs en Fe_2O_3 est toujours mis en évidence dans les faciès altérés et les argiles ; les accumulations les plus importantes sont remarquées dans les matériaux issus de granodiorites. Par contre, les teneurs en FeO diminuent rapidement jusqu'au niveau de l'argile tachetée.

TiO_2 présente des variations assez irrégulières dans les faciès de roche altérée ; mais cependant, ses teneurs croissent nettement dans les horizons argileux des cinq profils.

L'eau de constitution : elle présente des teneurs croissant régulièrement à mesure que la phase argileuse prend de l'importance.

Nous examinerons maintenant les principaux caractères des phases de l'altération en fonction de ces bilans chimiques.

1° LA SÉRICITISATION

La présence de paillettes de séricite (mica potassique) a été décelée microscopiquement par des observations de plaque mince, dans les pla-

gioclases des roches altérées, ainsi que dans certaines roches fraîches, en position superficielle ou profonde.

Bien que la séricitisation soit un phénomène très controversé dans ses origines, nous l'avons cependant mis en relation avec l'altération météorique en raison de deux faits :

a) les plagioclases très séricitisés sont abondants dans les surfaces granitiques exposées directement aux agents atmosphériques : surfaces aériennes des dômes ou surfaces souterraines des diaclases ouvertes. Par contre, dans les plaques minces de roche saine, nous n'avons pas observé de séricitisation aussi développée ;

b) les résultats analytiques indiquent fréquemment un accroissement des teneurs en potasse dans les premiers faciès d'altération (roche « blanchie » avec plagioclases très séricitisés). Dans certains échantillons, Na_2O se comporte aussi comme K_2O , alors que CaO et MgO , ainsi que SiO_2 accusent déjà une diminution sensible. L'augmentation de la teneur en K_2O pourrait être justifiée par une accumulation relative de cet élément dans le microcline et la muscovite, minéraux plus difficilement altérables que les plagioclases et les micas ferro-magnésiens ; elle pourrait être attribuée également à des apports par des solutions drainées des horizons supérieurs plus altérés. Quelle que soit son origine, nous pouvons penser que cette concentration plus élevée en K_2O favoriserait l'élaboration éventuelle d'un réseau micacé avec de la silice et de l'alumine libérées d'une première altération des plagioclases.

Selon les vues de G. MILLOT (1949) « la présence de Ca présiderait à l'apparition du réseau micacé de la séricite au sein du plagioclase alors que le microcline ne réagirait pas dans le même sens ».

La séricitisation est un phénomène également observable à grande profondeur (plusieurs dizaines de mètres), qui ne semble pas nécessairement lié aux conditions tropicales puisqu'il se manifeste également en zone tempérée ; cependant, nous pouvons formuler l'hypothèse que la séricitisation serait accélérée par une température moyenne élevée de la roche placée dans des conditions favorables d'humidité.

2° LE DÉVELOPPEMENT DES COLLOIDES ARGILEUX

L'altération du granite est caractérisée macroscopiquement, avec évidence, par l'**aspect crayeux** ou encore **pseudo-kaolinique** que prennent les feldspaths et les plagioclases dès les premiers faciès d'altération. Les surfaces de clivage perdent de leur brillance. Aux couleurs gris bleuté ou rosé, se substitue une teinte laiteuse ; une friabilité se développe dans les cristaux les plus altérés qui sont facilement réduits en poussière blanche ; cette friabilité conduit à une désagrégation totale de la roche ; aussi avons-nous qualifié ce premier stade d'altération du nom de « **blanchiment** ».

Le développement du blanchiment en profondeur peut être très

important et atteindre plusieurs dizaines de mètres. Par contre, sur les surfaces diaclasiqes, ou les surfaces subaériennes des dômes, il peut être réduit à quelques millimètres, si les produits d'altération sont désagrégés et déblayés par le ruissellement, ou si la structure granitique offre une forte imperméabilité à l'eau. Dans les blocs de microgranodiorite en milieu souterrain bien drainé, le blanchiment peut être extrêmement réduit en épaisseur (1 à 2 cm).

Microscopiquement, il se produit une division des cristaux par un réseau de fissures très fines, atteignant non seulement les plagioclases et le microcline, mais aussi le quartz dans les faciès les plus altérés. Dans les fractions colloïdales extraites des roches « blanchies », nous avons décelé la présence fréquente d'oligoclase, de quartz et parfois de microcline et de chlorite. Cette pulvérisation graduelle des minéraux jusqu'à un état colloïdal correspondrait d'après les études de G. PEDRO (1958) à un premier stade de l'altération chimique sous l'action de l'eau : il serait consécutif à une « intense libération des alcalins », ce qui entraînerait la séparation par microclivage des minéraux de la roche jusqu'au stade du monocristal ; « l'augmentation considérable des surfaces réactives qui résulte de cette extrême dispersion entraîne sous l'action hydrolysante de l'eau une intense décomposition chimique ».

Les analyses chimiques de nos échantillons à divers stades de blanchiment, traduites dans le bilan précédent, révèlent en effet une diminution sensible et progressive de CaO , MgO et Na_2O , alors que K_2O se maintient ou augmente ; mais dès que la friabilité de la roche est très développée, nous enregistrons une baisse parfois brutale des quatre cations. Le drainage massif et rapide de Na_2O et CaO correspondrait à la dégradation totale de la structure des plagioclases. La diminution des teneurs en MgO est surtout appréciable dans les granodiorites ; elle paraît relativement moins rapide que celle de CaO , fait que nous pourrions interpréter comme indiquant une stabilité plus grande des éléments ferro-magnésiens par rapport aux plagioclases. Le maintien, puis la baisse plus lente des teneurs en K_2O confirmeraient une altération moins rapide du microcline, et surtout de la muscovite ; ce dernier minéral étant toujours identifié dans les minéraux résiduels avec le quartz. Ces possibilités plus ou moins rapides de drainage des bases reflèteraient assez fidèlement l'aspect chronologique de la dégradation des minéraux primaires du granite.

Mais simultanément à cette dégradation, nous avons identifié par les examens roentnographiques, des minéraux de néoformation (phyllites et hydroxydes) que nous grouperons en deux phases :

- une phase kaolinique et gibbsitique.
- une phase kaolinique et montmorillonitique.

Les résultats obtenus par la méthode d'attaque triacide sont très utiles pour suivre la progression quantitative de ce développement

de minéraux secondaires ; le mélange triacide dissout Al, Fe, Ti, Ca, Mg, K, Na dans les poudres de roche altérée, par attaque des minéraux secondaires et de certains minéraux résiduels, mais il est difficile d'apprécier où s'arrête l'attaque des silicates peu ou pas altérés. Cependant nous constatons que la fraction « insoluble » diminue dans les faciès de plus en plus altérés, et ce n'est que dans l'argile tachetée que le quartz reste le seul constituant de l'insoluble. Par exemple, dans le profil DIV. 5, nous avons enregistré successivement, depuis la roche fraîche à la roche ferruginisée, une fraction insoluble de 93, 90, 88, 76 %, puis de 39 et 58 % dans l'argile tachetée profonde et l'argile superficielle remaniée. Cette diminution de la fraction insoluble caractériserait une genèse **progressive** des minéraux secondaires tant que la structure de la roche est conservée, puis **massive** lors de la transformation en argile tachetée.

Quels peuvent être les caractères particuliers des deux phases argileuses mentionnées précédemment ?

a) PHASE KAOLINIQUE ET GIBBSITIQUE

Les associations minérales secondaires suivantes ont été identifiées dans les fractions colloïdales des roches granitiques, dont l'altération s'effectue avec un drainage normal : **produit kaolinique-gibbsite-gels** ou **produit kaolinique-gels**.

Les premiers produits kaoliniques identifiés dans la roche blanchie sont surtout justiciables des noms de « fire-clay » ou de métahalloysite, c'est-à-dire de phyllites kaoliniques dont la cristallisation est encore mal définie et dont l'empilement des feuillets est décalé ou désordonné.

La kaolinite typique bien cristallisée est surtout reconnue dans la fraction colloïdale des « argiles tachetées » c'est-à-dire dans un matériau final issu d'une altération totale de la roche ; elle y est toujours en proportion abondante.

La gibbsite est bien caractérisée et en proportion relativement abondante dans la fraction colloïdale et la fraction limon des premiers faciès d'altération, alors qu'elle disparaît à peu près complètement au niveau des argiles tachetées.

Dans les zones d'altération caractérisées par une phase kaolinique et gibbsitique, le bilan chimique établi par rapport à l'alumine traduit un appauvrissement progressif du milieu en silice combinée et en quartz, ainsi qu'une diminution très importante des teneurs en bases. Certains échantillons accusent par contre un accroissement de la silice et en particulier du quartz au niveau de l'argile tachetée.

Quelles interprétations pouvons-nous donner à ces faits ?

L'alumine libre dont la présence est révélée par des gels alumineux ou de la gibbsite subirait une silicification au fur et à mesure que progresse l'altération. Une phase transitoire de produits kaoliniques mal cristallisés et de kaolinite se développerait progressivement dans la

roche altérée, mais la formation massive de la kaolinite ne se produirait qu'à l'**éclatement** des derniers faciès d'altération du granite. La silice disponible pour cette néoformation serait libérée graduellement au cours des premières étapes de l'altération, puis plus massivement lorsque se produit la destruction totale des plagioclases et du microcline. L'alimentation du milieu en silice libre par dissolution du quartz serait également possible. La fissuration microscopique des cristaux de quartz au sein de la roche altérée, l'aspect émoussé fréquent des grains au niveau des argiles tachetées dont la position autochtone est évidente, nous le suggèrent. Cette migration serait confirmée dans le bilan chimique des éléments par rapport à l'alumine puisque nous enregistrons dans des profils un déficit de quartz de 1/3 environ par rapport à la quantité initiale contenue dans la roche saine. Le profil AYA. 8 montre par contre un accroissement de la teneur en quartz que nous pouvons mettre en partie en relation avec des recristallisations secondaires visibles sous forme de bourgeonnements sur les sables quartzeux de ce profil.

La gibbsite devrait être considérée comme un minéral peu stable dans les conditions d'altération du milieu granitique, où des quantités suffisantes de silice sont toujours susceptibles d'être libérées progressivement soit des silicates primaires, soit du quartz lorsque ces derniers ont disparu. La recombinaison silice-alumine aboutirait en fait à la constitution d'une masse de kaolinite qui masquerait l'effet du processus de latéritisation, en l'occurrence l'accumulation finale des hydroxydes d'alumine. La disparition totale mais progressive des feldspaths et plagioclases et des minéraux ferro-magnésiens atteste cependant l'intensité de l'altération dans cette zone intertropicale de forêt dense.

Un milieu d'altération légèrement acide (pH de 6 à 7), mal pourvu en cations calco-magnésiens, des eaux d'imprégnation peu minéralisées favoriseraient la genèse de produits kaoliniques et de petites quantités de gibbsite. L'acidification du milieu (pH de 5 à 6 environ) à mesure que se poursuit l'élimination des bases et en particulier de CaO et Na_2O , accélérerait la kaolinisation aux dépens de la gibbsite ou des gels d'alumine.

Une mention particulière doit être faite sur l'individualisation des hydroxydes de fer qui constituent une fraction colloïdale importante des matériaux latéritiques. Un cortex rouille ou brun-rougeâtre d'épaisseur très variable entoure habituellement les blocs altérés, ou recouvre les surfaces diaclasiqes souterraines. L'enrichissement ferrugineux caractérisé dans ce cortex peut être très important ; c'est ce que montre le bilan chimique calculé par rapport à l'alumine. Des apports externes par des solutions de drainage, complétant l'accumulation relative dans ce niveau seraient nécessaires pour assurer cet enrichissement du cortex en hydroxydes de fer ; nous pouvons penser que les conditions d'oxydo-réduction propres à ce milieu fissuré, plus poreux, plus oxygéné,

favoriseraient la précipitation des hydroxydes de fer dans ces derniers faciès de roche altérée. Les gels ferriques se transformeraient par « vieillissement » en **goethite**.

b) PHASE KAOLINIQUE ET MONTMORILLONITIQUE

Dans cette phase argileuse, la montmorillonite a toujours été identifiée en association avec une forte proportion de kaolinite. La présence de minéraux interstratifiés (chlorite gonflante, vermiculite)... et d'illite est à peu près certaine, et rend assez difficile les identifications ; cela d'autant plus, que la montmorillonite est toujours en faible proportion, et qu'elle se manifeste souvent d'une manière fugace dans les faciès d'altération de granite à biotite.

Les proportions les plus importantes de montmorillonite ont été caractérisées en zones hydromorphes de talwegs dans des horizons de décomposition de granites à amphibole ou de granodiorites.

Par contre nous n'avons pas décelé de phase montmorillonitique dans les horizons hydromorphes de décomposition de granites à muscovite, roches très leucocrates pratiquement sans minéraux ferromagnésiens.

En présence de montmorillonite, nous n'avons jamais observé de gibbsite. Des gels d'hydroxydes sont cependant observables à l'analyse thermique différentielle.

Le bilan chimique, calculé dans les deux profils avec phase montmorillonitique, fait apparaître un net accroissement de la proportion de silice totale à mesure que se développe l'altération ; il montre pour les teneurs en bases une baisse moins accentuée que dans les roches altérées avec phase kaolinique et gibbsitique.

Le milieu d'altération présente des valeurs de pH voisines de 7 (6,3 à 7,3). Les eaux de nappe prélevées à ce niveau ont une forte minéralisation et un pH légèrement alcalin.

Dans une interprétation de ces observations, nous constatons qu'une relation évidente s'impose entre la présence de montmorillonite au cours de l'altération et l'enrichissement du milieu en silice par rapport à l'alumine. Nous pensons que, pour les profils décrits dans ce mémoire, un drainage insuffisant serait à l'origine de cet excès de silice, ainsi que du retard apporté dans l'élimination des bases. Un rapport Silice/Alumine élevé, un pH neutre ou légèrement alcalin, la présence de magnésium, et peut-être l'existence de conditions réductrices favoriseraient la genèse de montmorillonite. Les conditions modérées de l'alcalinité permettraient probablement la formation simultanée de kaolinite ; dans la négative, la kaolinite de ce milieu pourrait résulter d'une dégradation secondaire de la montmorillonite. La genèse de ces deux phyllites se ferait sans intermédiaire gibbsitique.

La phase montmorillonitique a déjà été reconnue par un certain nombre d'auteurs, dans les premiers stades de l'altération latéritique

de roches variées : sur gabbros par CAILLÈRE, HENIN, BIROT, sur roches volcaniques par EDELMAN, SHERMAN, SEGALÈN, sur dunite par BONIFAS, sur gneiss par NYE ; roches qui furent identifiées avec une teneur assez élevée en magnésium. Il a donc été intéressant de caractériser cette phase dans des granites calco-alcalins à deux micas, roches qui ne sont pas susceptibles de libérer beaucoup de cations divalents, mais par contre beaucoup de cations alcalins. A ce sujet, nous croyons utile d'attirer l'attention sur le fait que la présence de montmorillonite coïncide fréquemment avec des teneurs élevées en sodium (3 à 5 % de Na_2O) par rapport à celles du calcium et surtout du magnésium (moins de 1 %). Le rôle du sodium pourrait être seulement celui d'un agent d'alcalinisation du milieu, amenant un pH favorable à la genèse de montmorillonite, puisque seul l'ion Mg est susceptible de remplacer Al en position octaédrique.

— **Stabilité de la montmorillonite.** Dès que les conditions de drainage sont améliorées et qu'une oxydation du fer apparaît, traduite par des taches ou des trainées rouilles diffuses, dans la zone supérieure d'altération du granite (par exemple au-dessus d'une zone de fluctuation de la nappe phréatique), la proportion de montmorillonite diminue et ce minéral est identifié plus difficilement. La goethite est décelée dans la fraction argileuse, et parfois de petites quantités de gibbsite. La disparition de la phase montmorillonitique pourrait être envisagée comme la conséquence d'une acidification du milieu, et de l'apparition de conditions oxydantes. Nous aurions un milieu favorable au seul maintien de la phase kaolinique.

REMARQUES SUR LA PHASE ARGILEUSE DANS LES PROFILS D'ALTÉRATION LATÉRITIQUE

Avec ou sans phase montmorillonitique caractérisée dans les premiers stades d'altération de la base du profil, les roches granitiques se transforment en un matériau essentiellement kaolinique, stable sous les conditions climatiques de la zone forestière. La gibbsite intervient faiblement dans la constitution minéralogique de la fraction colloïdale des argiles tachetées. La goethite, en proportion souvent importante, suivant la richesse de la roche-mère en minéraux ferromagnésiens, ne peut être mise sur le même plan génétique que la gibbsite dans le phénomène de latéritisation, puisqu'elle ne semble avoir aucune influence dans la formation des minéraux phylliteux.

En Guinée, LACROIX (1913) reconnaît l'existence de latérites kaoliniques (10 à 50 % d'éléments latéritiques : gibbsite et goethite) sur les gneiss, les granites et les micaschistes.

En Guyane britannique, HARRISON (1934) considère que les roches acides telles que les aplites, pegmatites, granites et granitogneiss ne subissent pas de latéritisation primaire, mais évoluent gra-

duellement en « pipe-clay », kaolin impur quartzifère. Or nos observations semblent montrer qu'en réalité, ce stade primaire de latéritisation, caractérisé par une genèse de gibbsite, existe bien dans les granites, mais qu'il est très fugace et que la silicification de l'alumine est presque simultanée à sa libération des réseaux silicatés des plagioclases et des feldspaths.

HUMBERT (1949) confirme d'ailleurs que la gibbsite ne peut rester un produit stable en présence de silice et qu'elle évolue rapidement en kaolinite ; les matériaux colloïdaux issus de l'altération des granites peuvent être constitués de 75 % de kaolinite, alors que sur les roches basiques, les teneurs en ce minéral ne dépassent pas 50 %. Cette proportion de kaolinite, parfois supérieure à 75 %, a été confirmée dans les échantillons analysés dans ce mémoire.

Sur les roches volcaniques de Madagascar, SEGALIN (1956) révèle que les différents stades d'altération sont représentés successivement par une phase montmorillonitique, une phase kaolinique et une phase gibbsitique, sous une forte pluviométrie annuelle ($> 1\,500$ mm) et à une température moyenne élevée (23 à 25°). La gibbsite trouverait en partie son origine dans l'hydrolyse superficielle de la kaolinite, et un équilibre s'établirait dans les proportions de kaolinite et de gibbsite, stabilisant la valeur du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$.

En Afrique du Sud, VAN DER MERVE (1955) admet également une telle décomposition de la kaolinite en gibbsite, sous une pluviométrie moyenne annuelle de 840 mm jusqu'à un minimum de 750 mm. L'auteur constate que ces valeurs de la pluviométrie sont faibles, mais il note qu'il faut tenir compte surtout de l'intense décomposition qui se passe pendant la période restreinte des mois chauds et très pluvieux, et du rôle important que peuvent jouer les fluctuations considérables des chutes de pluies qui ont des maxima très élevés mais peu fréquents. La pluviométrie moyenne annuelle refléterait assez mal les conditions exactes de l'altération.

En Côte d'Ivoire, nos observations montrent que, dans l'altération ferrallitique sur granites, de faibles quantités de gibbsite sont identifiables et en proportion décroissante de bas en haut du profil. Il a bien été observé que la teneur en kaolinite pouvait diminuer dans la fraction colloïdale de la partie superficielle du profil, mais ce fait est dû à une proportion plus élevée de goethite (zone d'accumulation ferrugineuse). Les diagrammes de rayons X montrent une kaolinite mieux cristallisée dans l'argile tachetée et dans la zone d'accumulation ferrugineuse que dans la zone d'altération. Ces faits nous inclinent à penser que l'hypothèse d'hydrolyse superficielle et de dégradation de la kaolinite, formulée par SEGALIN d'après ses observations dans les sols sur roches volcaniques, ne peut être retenue comme valable en milieu granitique et sous les conditions climatiques de la zone forestière ivoirienne. Nous pouvons supposer que la genèse superficielle éventuelle de la gibbsite serait

en relation, non pas avec la somme totale des pluies qui est à peu près équivalente dans l'année pour les deux zones considérées (Madagascar et Côte d'Ivoire), mais avec leur répartition (si nous faisons abstraction de la différence des faciès de roche-mère). En Côte d'Ivoire, les pluies sont réparties sur un grand nombre de mois (9 à 10) alors qu'à Madagascar, la mousson donne deux saisons climatiques très tranchées. En Guinée, où la formation de la gibbsite serait comparable à celle des régions malgaches, le climat est constitué également de saisons très tranchées : l'une à pluviométrie très abondante (4 à 5 mois), l'autre avec une pluviométrie très faible ou nulle et un déficit de saturation très accentué ; M. BONIFAS (1958) atteste que la gibbsite pourrait cristalliser aux dépens de la kaolinite sous l'action des eaux de surface à caractère relativement acide.

L'altération de la kaolinite en milieu ferrallitique est un phénomène très controversé par de nombreux auteurs ; nous ne formulerons pas d'opinion positive à ce sujet, car dans l'étude des matériaux issus de l'altération des granites calco-alcalins et des granodiorites, nous n'avons recueilli aucune indication qui puisse nous persuader de ce fait.

Nous avons jugé utile également de faire une comparaison de nos observations avec celles de L. GLANGEAUD (1942) sur les valeurs du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ dans les sols de Côte d'Ivoire. Ce dernier a établi un graphique où les valeurs du rapport sont placées en fonction de la distance des prélèvements à la limite Nord de la forêt dense, suivant une même ligne méridienne. D'après L. GLANGEAUD, les moyennes du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ décroissent régulièrement du Sud au Nord « quand on passe du climat côtier, climat fondamental équatorial d'HUBERT au climat soudanien (sous-climat foutanien) ». Ce fait est en contradiction avec les interprétations formulées dans ce mémoire (Chapitre II : relation entre indice de ferrallitisation et pluviométrie) ; nous avons montré que dans la zone forestière, le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ croît dans les régions de pluviométrie plus faible. Ce fait, fréquemment reconnu dans la zone intertropicale, est d'ailleurs confirmé par SEGALIN sur les roches volcaniques de Madagascar ; cet auteur a utilisé les mêmes méthodes d'analyse que dans ce mémoire pour le calcul du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$; il estime que le stade kaolinique n'est pas dépassé lorsque la pluviométrie est inférieure à 1 500 mm dans un milieu à drainage normal. VAN DER MERVE montre également, dans les sols d'Afrique du Sud, que le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ a une tendance générale à croître lorsque la hauteur des précipitations diminue ; il note que les roches-mères respectives des sols influeraient dans certaines proportions sur les valeurs de ce rapport. Aussi pensons-nous, qu'il est nécessaire de formuler certaines réserves sur l'interprétation de L. GLANGEAUD :

— le critère de classification des prélèvements par rapport à la limite Nord de la forêt dense n'est pas suffisant pour les placer dans une même zone climatique ; certaines régions forestières, comme celle du

Mont NIMBA, situées à la limite de la savane, reçoivent annuellement, une pluviométrie élevée ($> 2\,000$ mm) répartie sur deux saisons très tranchées (sous-climat kissien) ; celle de SASSANDRA reçoit seulement 1 400 mm bien qu'étant située en bordure de mer à 300 km de la limite Nord de la forêt dense.

— La diversité des horizons de prélèvements et probablement les méthodes d'extraction de SiO_2 et Al_2O_3 ne sont pas précisées ; elles peuvent rendre aléatoire cette statistique d'ensemble. A cet effet, nous constatons que, dans les analyses citées, celles de M. ROSE présentent une grande homogénéité plaçant les valeurs du rapport entre 1,5 et 3. D'autres valeurs du rapport, très voisines de 0 avec gibbsite visible sont probablement le fait de bauxites résiduelles paléoclimatiques, comme nous en avons relevé en basse Côte d'Ivoire forestière et qui ne peuvent être mises sur un même plan de comparaison que les horizons d'argiles tachetées, ou les horizons sableux superficiels.

Aussi, il serait indispensable à notre avis, d'entreprendre sur d'autres faciès pétrographiques (schistes-dolérites-amphibolites) une étude similaire à celle que nous venons de faire sur les granites, et de mettre en parallèle des horizons génétiquement comparables dans les sols de plateaux par exemple, où les influences de matériaux allochtones pourraient être écartées. Une statistique d'ensemble valable pour les différentes zones pluviométriques et climatiques de la Côte d'Ivoire serait ainsi plus fondée.

INTENSITÉ DE LA FERRALLITISATION ET RAPPORT $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$

Nous avons défini au Chapitre I, la ferrallitisation ou latéritisation comme un phénomène d'altération susceptible de provoquer la décomposition totale des silicates d'alumine primaires d'une roche et d'assurer l'accumulation d'hydroxydes après drainage de la silice et des bases.

Dans le milieu granitique, le premier stade est atteint graduellement alors que le deuxième est rarement caractérisé par une accumulation d'alumine du fait de la recombinaison en produit kaolinique de cet élément avec de la silice non drainée.

Suivant la classification des sols de G. AUBERT, les sols ferrallitiques typiques et les sols faiblement ferrallitiques sont distingués par les valeurs du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ des différents horizons ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 < 1,7$ ou compris entre 1,7 et 2). Or, dans la région forestière de Côte d'Ivoire, les valeurs de ce rapport qui sont toujours voisines de 2 ou légèrement inférieures à deux, nous font classer pratiquement tous les sols sur granites dans la rubrique des sols « faiblement ferrallitiques », bien que la pluviométrie moyenne annuelle atteigne 1 500 à 2 000 mm au moins et que la température moyenne annuelle soit de 25 à 26° (conditions climatiques reconnues comme particulièrement favorables à une latéri-

tisation). Nous avons montré (Chapitre II) qu'il existe des variations du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ liées à la pluviométrie (1,74 si $P > 1\,700$ mm — 1,95 si P est compris entre 1 700 et 1 300 mm — 2,08 si P est compris entre 1 300 et 1 100 mm). Ces valeurs moyennes varient en raison inverse de la pluviométrie. Mais la faible amplitude de ces variations est-elle comparable à celle que nous pourrions observer dans des sols formés sur roches basiques, pour caractériser une intensité de la ferrallitisation ? Nous ne le pensons pas. Nous avons d'ailleurs déjà suggéré qu'une étude détaillée des valeurs du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ soit réalisée en fonction des grands types de roche-mère et des différents climats « latéritisants ».

La présence de la gibbsite, même en faible proportion pourrait être un critère fondamental pour l'identification de la ferrallitisation. Mais son abondance ou celle des hydroxydes d'alumine amorphes serait expliquée, soit par une bauxitisation primaire qui pourrait dater d'une époque climatique ancienne, au cours de laquelle la kaolinisation aurait été très limitée sur les roches granitiques, soit par une bauxitisation secondaire qui proviendrait d'une hydrolyse superficielle de la kaolinite (s'il peut être démontré avec évidence que ce phénomène est possible sous certaines conditions climatiques qui ne sont pas actuellement celles de la zone forestière ivoirienne).

Nous conclurons en affirmant que le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ traduit un état chimique actuel des horizons du sol, mais qu'il ne représente pas nécessairement une intensité de la ferrallitisation.

ESSAI D'ÉVALUATION DE LA VITESSE DE FERRALLITISATION

Nous avons pensé qu'il serait intéressant, en utilisant les résultats analytiques des eaux de sources et de suintements cités dans ce mémoire, de calculer le nombre d'années nécessaires pour assurer le drainage complet des bases et de la silice d'un granite calco-alcalin à deux micas, c'est-à-dire pour réaliser une ferrallitisation théorique complète de cette roche sur une épaisseur de 1 m. Nous nous sommes placés également dans le cas théorique où la silice ne se recombine pas à l'alumine pour la formation de kaolinite.

Nos calculs sont basés sur la composition chimique d'un granite frais cité dans ce mémoire (DIV. 5), sur les teneurs en Si, Ca, Mg, K, Na de trois échantillons d'eaux souterraines de région granitique, et sur deux valeurs possibles du drainage, calculé suivant la formule de S. HENIN ; les valeurs choisies sont de 1 000 mm pour les régions forestières les plus humides ($P > 1\,800$ à $2\,000$ mm) et de 400 mm pour la région centrale où P varie de 1 300 à 1 500 mm.

Les résultats analytiques d'eaux ont été choisis dans les échantillons suivants :

- N° 1. — Source issue d'une nappe de zone d'altération avec phase montmorillonitique caractérisée.
- N° 2. — Suintements d'hivernage dans une zone d'altération peu profonde avec phase kaolinique et gibbsitique.
- N° 3. — Source issue d'une nappe localisée à la base d'une zone d'argile tachetée de 6 à 7 m d'épaisseur.

Pour les pertes en éléments, un calcul a été fait pour le silicium total, si nous supposons la solubilité complète du quartz à très longue échéance ; et un autre calcul pour le silicium des silicates primaires de la roche dont l'élimination est assez rapide au cours de la phase d'altération.

CALCULS

I. Composition chimique de la roche fraîche (en %) :

SiO ²	73,63 (dont 28,56 de quartz calculé).		
Al ² O ³	14,47	CaO.....	1,20
Fe ² O ³	0,22	MgO.....	0,20
FeO.....	0,70	K ² O.....	4,75
TiO ²	0,09	Na ² O.....	4,24
P ² O ⁵	0,17	H ² O.....	0,29

Densité apparente de la roche : 2,61

II. Perte en éléments pour une ferrallitisation théorique complète :

Si (total).....	883,5 kg/m ³
Si (silicates).....	547,0 —
Ca.....	24,8 —
Mg.....	0,46 —
K.....	102,8 —
Na.....	81,6 —

III. Teneurs en éléments solubles dans les eaux de drainage (en p.p.m.) :

	N° 1	N° 2	N° 3
	—	—	—
Si.....	25,5	12,5	7,1
Ca.....	5,8	8,4	2,2
Mg.....	1,0	8,2	0,2
K.....	3,1	0,9	2,3
Na.....	32,2	30,3	9,3

IV. Nombre d'années nécessaires à l'élimination complète de Si et des bases, sur une épaisseur de roche de 1 m :

a) DRAINAGE CALCULÉ DE 1 000 mm (1 000 l sur 1 m³).

Si (total).....	34.647	70.680	123.436
Si (silicates)....	21.450	43.760	77.042
Ca.....	4.275	2.952	11.272
Mg.....	468	56	2.300
K.....	33.162	114.222	44.691
Na.....	2.534	2.693	8.774

b) DRAINAGE CALCULÉ DE 400 mm (400 l sur 1 m³).

Si (total).....	86.617	176.700	308.590
Si (silicates)....	53.625	109.400	192.605
Ca.....	10.687	7.380	28.180
Mg.....	1.170	140	5.730
K.....	82.905	285.555	111.727
Na.....	6.335	6.732	21.935

Nous essaierons de donner quelques interprétations de ces résultats :

— Il semble exister un ordre bien déterminé dans la vitesse d'élimination des bases et de la silice : **Mg, Na, Ca, K et Si** lorsque la silice du quartz est mentionnée dans le calcul.

Mg, Na, Ca et K-Si si nous considérons seulement la silice des silicates, c'est-à-dire celle dont l'élimination est typique de la ferrallitisation. Dans ce dernier cas, nous avons placé K et Si en parallèle, puisque K doit obligatoirement être drainé avant, ou en même temps, que la silice des derniers silicates restant dans le milieu d'altération, comme la muscovite par exemple. D'ailleurs, par l'eau de drainage d'une zone à ferrallitisation très développée, l'élimination de K est plus rapide que celle de Si des silicates (eau n° 3).

L'ordre observé pour les cations est en relation avec les observations déjà formulées sur l'altération des minéraux du granite.

Le magnésium présente de faibles teneurs dans la roche : il est inclus dans la biotite et la chlorite, minéraux facilement altérables. Les analyses d'eaux indiqueraient que Mg est faiblement libéré au niveau de la phase montmorillonitique (eau N° 1) alors que de plus fortes teneurs sont évacuées dans les eaux issues d'une phase kaolinique peu profonde (eau n° 2) ; quant aux argiles tachetées profondes, elles ne libèrent plus que de très faibles quantités de Mg (eau n° 3).

Le sodium, cation en forte proportion dans la roche, serait éliminé massivement au cours de la phase montmorillonitique, plus rapidement que le calcium ; dans les eaux issues d'une altération avec développement d'une phase kaolinique et gibbsitique, sa proportion est assez constante avec Ca (4 à 1 approximativement).

Le calcium serait ainsi libéré moins vite du réseau de l'oligoclase que le sodium. Ce fait pourrait être mis en rapport avec une rétention éventuelle de Ca au cours des premiers stades d'altération dans des cristallisations temporaires de calcite (Brafouédi : calcite tapissant les diaclases de la roche).

Le potassium est présenté comme le cation le moins facilement soluble du fait de sa position dans les réseaux du microcline et de la muscovite, minéraux moins altérables que la biotite et l'oligoclase. Ce drainage « difficile » du potassium pourrait justifier l'accroissement relatif temporaire de ses teneurs dans les premiers faciès d'altération. Existe-t-il là une relation avec la genèse de la sérécite ? Nous ne pouvons l'affirmer.

Le silicium des silicates est le dernier élément éliminé avec le potassium. Mais les possibilités de dissolution lente du quartz, toujours très abondant dans le milieu granitique, laissent prévoir une permanence très longue de l'alimentation en silice sous forme de solutions ou pseudo-solutions ;

— Dans les conditions les plus humides de la Côte d'Ivoire, 20 000 à 77 000 années seraient nécessaires pour assurer la ferrallitisation théorique complète d'un granite calco-alcalin sur 1 m d'épaisseur ; 53 000 à 192 000 années seraient exigées dans la zone forestière centrale moins humide, si nous nous basons dans les deux sites sur la destruction totale des silicates primaires de la roche (fin de l'élimination de la silice et de K). Il est bien évident que ces valeurs doivent être considérées avec une extrême prudence puisqu'elles représentent un ordre de grandeur théorique. Pourrait-on éventuellement se baser sur une telle appréciation pour évaluer l'âge d'un profil ? Cela semble assez aléatoire, car il faudrait admettre tout d'abord la constance des facteurs climatiques et par voie de conséquence celle du drainage calculé pendant toute la genèse du profil, ce qui est difficilement vérifiable. Nous constatons également que la libération des bases et de la silice par les eaux de drainage se fait suivant plusieurs étapes dont il n'est pas possible d'apprécier la durée : intense libération de cations dans la zone altérée proche de la roche fraîche, puis diminution très sensible dans les eaux issues des faciès très altérés ; enfin, dans les matériaux ferrallitiques, les eaux de drainage sont faiblement minéralisées surtout par le potassium et le calcium, dont la dissolution finale doit s'opérer très lentement suivant une courbe asymptotique. La végétation ralentirait l'entraînement en profondeur, en favorisant la remontée d'éléments minéraux dans le circuit de drainage, par l'intermédiaire de la matière organique ; mais une part de ces éléments peut aussi être éliminée par les mouvements latéraux d'érosion et de désagrégation du sol. De plus, nous avons supposé qu'il ne se reconstituait pas de kaolinite, fait non conforme à la réalité puisque 75 à 85 % de ce minéral sont identifiés dans la

fraction colloïdale des matériaux issus de l'altération des granites ; or, la kaolinite a une capacité d'échange susceptible de retenir encore d'appréciables quantités de bases comme Ca et K, et est elle-même constituée d'une part importante de silice qui n'aurait ainsi pas été drainée : dans les conditions actuelles de la ferrallitisation en Côte d'Ivoire, 1/2 à 2/3 de la silice des silicates serait drainée, l'autre fraction étant recombiningée dans la kaolinite. Aussi, il est possible que les délais donnés par les calculs sur les deux premières eaux soient plus proches de la réalité. La vitesse d'élimination des cations et de la silice doit être envisagée comme la résultante d'un drainage complexe, dont il est difficile de séparer les différents facteurs. Le calcul serait sans doute plus facilement applicable à certains faciès souterrains de roche peu altérée dont la structure est encore conservée et qui sont placés dans un milieu homogène (raisonnement isovolumétrique).

Au niveau de la rupture entre le dernier faciès de roche altérée, où la structure primitive de la roche est encore conservée, et l'argile tachetée, matériau meuble dont la structure et la porosité sont très différentes, il nous a paru intéressant d'essayer d'établir le rapport existant entre un certain volume d'argile tachetée et le volume initial de granite frais qui a été nécessaire pour sa formation.

Nous avons jugé nécessaire de présenter deux calculs sur ce rapport des volumes, l'un effectué à partir du quartz que nous supposons être un minéral parfaitement insoluble, l'autre avec l'alumine considérée comme l'élément le plus difficilement mobilisable en solution, et qui nous a déjà servi à établir les bilans chimiques cités précédemment. Nous avons fait ces calculs pour le profil AYA. 9 dont l'argile tachetée a été prélevée à grande profondeur (12 m), à l'abri de toute action superficielle de remaniement, et au contact de la roche altérée.

Calcul avec la fraction quartz :

- teneur en quartz — roche saine : 34 %
(d'après le calcul de la norme),
- argile tachetée : 32,4 %
(d'après les résultats de l'attaque triacide) ;
- 100 g de roche saine donneraient 95 g d'argile tachetée ;
- avec une densité apparente de 2,6 pour la roche et de 1,4 pour l'argile tachetée, **1 dm³ de granite donnerait 1,77 dm³ d'argile tachetée.**

Calcul avec la teneur en alumine :

- teneur en alumine — roche saine : 12,51 %
(attaque fluorhydrique),
- argile tachetée : 19,52 %
(attaque triacide).

- 100 g de roche saine donneraient 54 g d'argile tachetée;
- avec les mêmes densités apparentes que dans le calcul précédent,

1 dm³ de granite donnerait 1,18 dm³ d'argile tachetée.

Ces deux calculs montrent qu'il se produit un accroissement de volume important au niveau de l'argile tachetée. La valeur calculée à partir des teneurs en quartz est énorme et semble quelque peu exagérée, fait qui doit être retenu comme une confirmation de la solubilité du quartz au cours de l'altération.

Le deuxième calcul nous semble plus proche de la réalité, il révèle que, dans un essai d'évaluation de l'ancienneté de l'altération en fonction de la profondeur des argiles tachetées, il devrait être tenu compte également de cette augmentation de volume.

Une question annexe se greffe sur ce calcul du rapport entre les volumes des matériaux originels et secondaires. La variation de volume est-elle le fait d'un changement brutal au niveau de désagrégation ou peut-elle être envisagée comme progressive au cours des différents stades de l'altération (blanchiment et ferruginisation) ? Le problème a été posé par M. BONIFAS (1958) à propos des roches de Guinée lorsque le bilan géochimique de l'altération latéritique a été établi par la méthode isovolumétrique. L'auteur admet qu'un certain tassement, ou un gonflement pourrait être possible mais qu'il est inappréciable au microscope et que l'erreur de calcul serait d'un faible pourcentage. Nous pensons qu'effectivement l'augmentation de volume peut difficilement être possible dans les premières étapes du blanchiment. Cependant, du fait du développement très accentué de la fissuration dans les cortex et les blocs ferruginisés, l'accroissement de volume doit déjà être sensible dans ce dernier stade d'altération des roches granitiques. Cela pourrait justifier l'aspect boursoufflé et craquelé que prennent les cortex ferrugineux de blocs granitiques observés sur les dômes de BRAFOUEI et de NIANGBO.

Dans les horizons d'argile tachetée, les filons de quartz semblent avoir conservés la position primaire qu'ils avaient dans la roche, mais ils sont toujours très morcelés. La position de ces filons nous sert très souvent à déterminer la nature autochtone des matériaux. Cependant, nous pouvons supposer que les variations de volume au niveau de l'argile tachetée seraient à l'origine de ce morcellement des filons, et par voie de conséquence, de leur élongation au sein de la masse argileuse.

ESSAI DE DATATION DE LA PÉNÉPLAINE ANCIENNE (500-550 m)

L'abaissement des reliefs continentaux résulte, d'une part de l'action de la phase d'altération qui transforme les roches en matériaux meubles après évacuation par drainage des éléments solubles, d'autre part de

l'action d'une phase d'ablation qui assure l'entraînement latéral de ces matériaux meubles. Cette deuxième phase se développe toujours avec un certain retard sur la première, mais peut le combler dans les périodes d'érosion active, atteindre les premiers matériaux issus de l'altération et mettre en affleurement le substratum de roche fraîche. L'altération de la roche, qui se trouve ainsi placée dans un milieu pédologiquement plus sec, se ralentit et accuse un retard de plus en plus important par rapport à celle des roches voisines encore en position souterraine sous le manteau d'altération non déblayé. Le dégagement d'un relief granitique en dôme pourrait ainsi trouver son origine dans cette altération retardée de roches dont certains faciès seraient plus résistants à l'action des agents climatiques.

Ces dômes pourraient, éventuellement, servir de niveau-repaire des anciennes surfaces pénéplanées ; malheureusement, nous n'avons pas observé sur les dômes granitiques de la basse et de la moyenne Côte d'Ivoire de lambeaux d'altération en place. Les seuls vestiges des altérations anciennes subsistent sur des collines de roches basiques (Chapitre II). La consolidation des cuirasses ferro-alumineuses recouvrant ces derniers sommets a figé le niveau de la pénéplaine ancienne dont il ne subsiste aujourd'hui que des buttes-témoins. Si nous nous basons sur ce niveau, dont l'altitude moyenne est de 500 m (Mont KOPÉ, Mont ORUMBOBOKA), nous devons admettre que dans les zones pénéplanées voisines de ces collines cuirassées, une épaisseur de 450 m de granite a pu être déblayée autour du Mont KOPÉ (zone Ouest très humide), et d'environ 350 m autour du Mont ORUMBOBOKA (zone Centrale). Compte-tenu de ces faits, la vitesse de ferrallitisation théorique calculée précédemment pourrait-elle être utilisée pour dater ces niveaux cuirassés de 500 m ? Les durées de 22 000 à 77 000 années dans les zones très humides, et de 53 000 à 192 000 années dans la zone centrale, nécessaires pour justifier l'altération d'une épaisseur de 1 m de granite, pourraient être ramenées à des valeurs respectives moyennes de 50 000 et 120 000 années ; elles représentent un maximum, puisque dans les deux zones une ferrallitisation totale n'est jamais nécessaire pour transformer le granite en matériau meuble ; mais, à un autre point de vue, nous pouvons considérer une durée plus longue, si nous supposons que les conditions climatiques ont varié, et ont pu être caractérisées par une pluviométrie moins élevée amenant un ralentissement de l'altération (possibilités d'épisodes de climat semi-aride).

L'altération du granite sur de telles épaisseurs (450 et 350 m) représenterait une durée approximative de :

$$50\,000 \times 450 = 22\,500\,000 \text{ années pour le Mont KOPÉ}$$

$$120\,000 \times 350 = 42\,000\,000 \text{ années pour le Mont ORUMBOBOKA}$$

D'après la datation des étages géologiques du tertiaire et du quaternaire (L. MORET) et ces calculs, les niveaux cuirassés de la

pénéplaine la plus ancienne remonteraient ainsi au plus à l'Oligocène et à l'Eocène. Malgré la très grande réserve formulée sur ces résultats, nous constatons que cette datation pourrait être vraisemblable ; ils peuvent être rapprochés d'une évaluation de l'« érosion » de J. CORBEL (1958) qui a été faite d'après les teneurs des minéraux en solution dans les eaux fluviales. Cet auteur a calculé qu'une surface granitique soumise à une « érosion tropicale » aurait pu s'abaisser de 228 m durant tout le Tertiaire et de 513 m par une « érosion de région équatoriale » pour la même période. Ces valeurs ont un ordre de grandeur voisin de celui exprimé dans notre interprétation. Cependant, nous estimons que nos résultats ne sont qu'une évaluation hypothétique du fait de la réalité beaucoup plus complexe des phénomènes d'altération des roches et d'ablation des matériaux meubles par le ruissellement.

Nous avons jugé utile d'effectuer également une comparaison avec les résultats obtenus par F. FOURNIER (1958) dans sa thèse, sur la relation existant entre l'érosion du sol et les précipitations atmosphériques. Dans cette étude la vitesse d'ablation calculée est extrêmement rapide par rapport à notre vitesse d'altération théorique : dans les conditions climatiques actuelles, une ablation moyenne de 1 m serait réalisée en 2 000 ans sur le continent africain, soit 600 t/km². Avec cette vitesse d'ablation supposée continue, le début du déblaiement des matériaux de la pénégplaine ancienne de 500 m serait reporté au commencement du quaternaire. Ce délai ne peut être conforme à la réalité. En effet, les sables continentaux du bassin côtier de la Côte d'Ivoire, comme ceux des autres bassins de la Côte de l'Afrique Occidentale ont trouvé leur origine dans la dégradation d'un recouvrement d'altération latéritique sur les roches du socle ; ces dépôts sableux ont été datés par les géologues de l'époque mio-pliocène. Les phénomènes de ferrallitisation intense ayant agi sur les roches précambriennes et ayant donné lieu à la dernière phase migratrice importante seraient datés du paléocène (phase biostasique de sédimentation chimique, reconnue en particulier par SLANSKY au Dahomey-Togo). La période d'ablation aurait donc présenté son maximum d'intensité au mio-pliocène, ou peut-être au plio-pleistocène comme au Cameroun (V. HOURCQ).

Il semble donc que la vitesse d'ablation calculée par F. FOURNIER ne puisse être valable que pour des périodes restreintes d'érosion active, agissant sur des matériaux meubles, dégagés du substratum par l'altération, et lorsque la protection végétale est réduite. Pour confirmer ce rôle protecteur de la forêt, nous citerons le résultat de mesures de l'érosion effectués en basse Côte d'Ivoire à la Station d'Adiopodoumé (N. LENEUF, B. DABIN, 1956-1958). L'arrachement des matériaux est très restreint lorsque la protection forestière est entière : 30 à 40 t/km² sur fortes pentes. Par contre dès que la densité forestière diminue ou que la végétation disparaît des valeurs énormes d'arrachement peuvent être enregistrées : 10 000 t/km² sur terrain nu, pour une pente modérée

(7 %). Ces faits mettent en évidence l'importance des épisodes climatiques semi-arides ayant amené la disparition de la forêt ; les précipitations deviennent peu abondantes en moyenne annuelle, mais elles se concentrent pendant des périodes restreintes et souvent avec de très fortes intensités qui accélèrent d'autant les phénomènes d'érosion. La vitesse d'ablation calculée par F. FOURNIER peut être parfaitement justifiée et suffisante pour assurer le déblaiement de 350 à 400 m de matériaux d'ablation depuis le mio-pliocène, mais elle ne se manifeste probablement que pendant des épisodes discontinus.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

1. Une phase d'altération minérale et une phase pédogénétique ont été distinguées dans la genèse d'un sol sur roche granitique.

2. La phase d'altération des granites calco-alcalins et des granodiorites est caractérisée par une séricitisation et un développement de colloïdes argileux (phyllites et hydroxydes).

3. L'abondance des plagioclases fortement séricitisés dans les roches superficielles altérées nous a suggéré de retenir la séricitisation comme une première manifestation de l'altération.

4. Le développement des colloïdes argileux est la phase essentielle du catamorphisme de la roche ; il est préparé par une fissuration des minéraux sous l'action de l'eau d'imprégnation (aspect crayeux ou « blanchiment »).

5. La nature des phases argileuses serait en relation étroite avec les conditions de drainage :

— phase kaolinique-gibbsitique lorsqu'un déficit de silice et un abaissement important des teneurs en bases par rapport à l'alumine, sont assurés par un drainage efficace (pH voisin de la neutralité) ;

— phase kaolinique-montmorillonitique lorsqu'un drainage insuffisant provoque un accroissement des teneurs en silice et une évacuation modérée des bases (pH neutre ou légèrement alcalin).

6. Une première phase de produits kaoliniques mal cristallisés (métahalloysite et « fire-clay ») se développe dans la roche altérée, à mesure que s'intensifient son « blanchiment » et sa friabilité.

La kaolinite typique, bien cristallisée, se constitue massivement au niveau de l'argile tachetée.

Les minéraux kaoliniques se formeraient par silicification de la gibbsite ou des gels d'alumine, en conditions modérément acides.

7. La phase montmorillonitique n'a pas été caractérisée dans les roches très leucocrates (granites à muscovite) ; elle se développe nettement dans les granites à biotite malgré des teneurs modestes en magnésium ; elle est plus intense dans les granites à amphibole et les granodiorites. C'est une phase argileuse instable, transitoire, qui disparaît dans les horizons supérieurs des sols de plateaux lorsque règnent de meilleures conditions de drainage et d'oxydation. Elle ne peut se maintenir superficiellement que dans les sols hydromorphes de talwegs.

8. Les bilans chimiques établis par rapport à l'alumine ont indiqué que des proportions de 1/2 à 2/3 de la silice combinée et de 1/3 environ de la silice du quartz seraient solubilisées et drainées au cours de l'altération (phase kaolinique et gibbsitique).

9. Un ordre chronologique de drainage des éléments a été mis en évidence par le bilan chimique : Na - Ca et Mg - K et Si ; ainsi que par la vitesse de latéritisation calculée en fonction de la minéralisation des eaux de drainage : Mg - Na - Ca - K - Si. Il reflèterait un ordre d'altération des principaux minéraux du granite : Plagioclases et minéraux ferro-magnésiens - Microcline - Muscovite - Quartz.

10. Le matériau final de l'altération est essentiellement kaolinique ; il est associé à de la goethite, un peu de gibbsite, et des minéraux résiduels majeurs comme le quartz et la muscovite (« argiles latéritiques » ou « latérites kaoliniques » déjà définies par LACROIX). Les actions pédogénétiques superficielles ne sont pas susceptibles de provoquer dans les conditions climatiques de la zone forestière ivoirienne des transformations minéralogiques fondamentales dans ce matériau. La stabilité de la kaolinite serait ainsi confirmée dans ces conditions de milieu.

11. Une répartition topographique des sols a été définie en fonction de la position autochtone ou allochtone des matériaux des horizons superficiels : sols « ferrallitiques » de plateaux et de pentes sur matériaux en place ; sols sableux lessivés de bas de pente et sols hydromorphes des thalwegs et vallées sur matériaux allochtones. Des sols organiques (rankers et sols semi-tourbeux) ont été reconnus sur les dômes granitiques.

12. Des valeurs moyennes du taux de saturation en bases et du pH dans les matériaux argileux et organiques des sols ferrallitiques de plateaux, ont été citées pour chacune des trois grandes zones pluviométriques de la région forestière (> 1 700 mm, 1 700 à 1 300 mm, 1 300 à 1 100 mm) ; elles caractérisent une intensité du lessivage propre à ces trois zones.

13. Dans les différents horizons du sol, les valeurs du rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ représentent un état chimique des matériaux ; mais elles ne peuvent être considérées comme représentatives d'une intensité de latéritisation (ou ferrallitisation) susceptible de servir de compa-

raison pour des sols issus de roches-mères variées, et évoluant sous des climats tropicaux différents.

14. Les différences minéralogiques et chimiques existant entre les roches étudiées (des granites à muscovite aux granodiorites) se traduisent dans le sol par des variations dans la texture, dans les teneurs en bases et en hydroxydes de fer, et souvent par des modifications dans les équilibres chimiques (rapports Ca/Mg, Ca/K, Mg/K).

15. Les sols sableux lessivés de bas de pente ou de bas-fonds, sur substratum granitique, auraient un rôle important mais non exclusif, dans l'extension des domaines de la savane et de la forêt, et des associations végétales forestières psammophyles (forêt à *Turraeanthus*).

16. Des influences paléoclimatiques se manifestent dans certaines régions par la présence de blocs de bauxites oolithiques très riches en alumine (avec gibbsite et boehmite) et de bauxites « kaoliniques ». Ces blocs proviendraient du démantèlement de la cuirasse ferro-alumineuse recouvrant la pénéplaine ancienne de 500 m, ou de cuirassements postérieurs installés à une altitude moins élevée.

17. Les résultats obtenus dans le calcul de la vitesse d'altération montreraient que la latéritisation totale est un phénomène relativement lent, même sous les conditions intertropicales les plus humides. D'après cette vitesse, la datation de la pénéplaine ancienne serait située dans la première époque du Tertiaire (Nummulitique).

Les conclusions formulées ci-dessus ne sont pas toutes spécifiques du milieu granitique ; nous y retrouvons de nombreux caractères communs à d'autres roches cristallines ou métamorphiques, en particulier dans l'expression de la phase pédogénétique des régions les plus humides, où le facteur de la zonalité est dominant sur celui de la roche-mère.

ANNEXE I

MÉTHODES D'ANALYSES

I. — PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS DE SOLS.

- Tamisage à sec après broyage modéré de l'échantillon séché à l'air (Tamis à trous ronds de 2 mm de diamètre).
Le refus > 2 mm est exprimé en % de la terre totale.

II. — ANALYSES SUR TERRE FINE (Laboratoire d'Adiopodoumé).

a) Granulométrie :

- Evaluation des pourcentages des fractions suivantes :
 - Argile : $< 2 \mu$.
 - Limon : 2 à 20μ .
 - Sable fin : 20 à 200μ .
 - Sable grossier : 200μ à 2 mm.
- Méthode Internationale :
 - Dispersant : Pyrophosphate de Na.
 - Prélèvement des fractions $< 2 \mu$ et $< 20 \mu$ à la pipette Robinson.
- Résultats exprimés en % de terre fine séchée à l'air.

b) Matière Organique :

- *Dosage du Carbone : Méthode Anne :*
Attaque à chaud au bichromate de K à 8 %, en milieu sulfurique.
Résultats exprimés en g %.
Matière Organique totale = Carbone $\times 1,724$.
- *Dosage de l'Azote total : Méthode Kjeldahl :*
Attaque sulfurique à chaud avec catalyseur Dumazert.
Résultats exprimés en g %.

c) pH :

- Utilisation du pH mètre Philips à électrode de verre.

- Concentration de la suspension : 20 g de terre fine ou de roche broyée et 50 cc d'eau distillée bouillie.

d) **Bases échangeables** (CaO, MgO, K²O, Na²O) :

- Extraction à l'acétate d'ammonium N après percolation de 150 cc de solution sur 20 g de sol.
- Dosage des bases par photométrie de flamme (utilisation du spectrophotomètre Beckman) :
 - Ca, K, Na avec flamme d'acétylène.
 - Mg avec flamme d'hydrogène.

Les teneurs sont exprimées en meq % de terre fine et donnent la **valeur de S (Somme totale des bases échangeables)**.

e) **Capacité d'échange** (Valeur T) :

Elle a été calculée indirectement, en mesurant la valeur T-S (H échangeable).

Emploi de la méthode de Parker (Brunel II, p. 375) : l'acétate de calcium a remplacé l'acétate de baryum.

Résultats exprimés en meq %.

Le taux de saturation en bases du sol est exprimé en % :

$$\frac{S \times 100}{T}$$

f) **Éléments totaux** :

- Extraction par attaque au réactif triacide de Harrison, modifié par Baeyens :
(4 parties SO⁴H², 2 parties ClH, 1 partie NO³H)
- La fraction insoluble est séparée en **silice combinée** (après attaque à la soude à 2 %), **quartz** et éventuellement **hydroxydes** (séparation par attaque fluorhydrique complémentaire).
- Sur le filtrat des hydroxydes :
 - Fe²O³ : dosage colorimétrique par sulfocyanure de K.
 - TiO² : dosage colorimétrique par l'eau oxygénée.
 - Al²O³ : séparation de Fe²O³ par précipitation à pH 11/12 et dosage gravimétrique de l'alumine calcinée (Charlot, p. 373-374).
 - P²O⁵ : extraction par attaque nitrique sur l'alumine calcinée et dosage volumétrique (méthode Lorenz).
(Pour la Colorimétrie, utilisation du colorimètre à filtres, Klet).
- Perte au feu :
Calcination à 900° de l'échantillon pesé après séchage à 105°.

III. — ANALYSES SUR FRACTION COLLOÏDALE

1. Extraction pour les analyses minéralogiques (Laboratoire d'Adiopodoumé) :

- Destruction de la matière organique par H_2O_2 , sur la terre fine.
- Lessivage sur filtre avec ClK N/50 pour désaturation.
- Lavage à l'eau distillée pour l'élimination du chlore.
- Dispersion à l'ammoniaque après agitation de 24 h.
- Siphonages successifs de la fraction $< 2 \mu$, après sédimentation.

La suspension d'argile est séchée lentement à l'air, sur plaque chauffante (50 à 60°).

2. Eléments totaux (Laboratoire d'Adiopodoumé) :

- Dosage après attaque triacide, comme sur la terre fine.

3. Constitution minéralogique :

- *Etude aux Rayons X* (Laboratoire IDERT, Bondy).

a) Utilisation du diffractomètre de la Compagnie Générale de Radiologie, avec enregistrement graphique.

L'appareil a été employé avec une anticathode de Cobalt ($CoK_{\alpha} = 1,7889 \text{ \AA}$) ; montage par réflexion. Pour la rotation du goniomètre, deux vitesses ont été utilisées : 5 minutes et 3 minutes par degré.

Un tableau résumera les raies caractéristiques utilisées dans la détermination des minéraux aux Rayons X.

b) Utilisation de l'appareil Philips pour des diagrammes photographiques :

- Montage avec une anticathode de Cuivre ($K_{\alpha} = 1,5374 \text{ \AA}$) et une grande chambre (diamètre 114, 6 mm).

Analyse thermique différentielle (IDERT, Bondy).

- Montage avec fours verticaux.
- Porte-échantillons à trois trous.
- Couple chrome-alumel.
- Enregistreur de température avec couple Platine-Platine rhodié.
- Enregistreur graphique Meci, type Speedomax.

— *Analyse thermo-pondérale* (IDERT, Bondy).

Utilisation de l'appareil Adamel et de l'enregistreur graphique Adamel.

TABLEAU RÉCAPITULATIF
DES RAIES UTILISÉES DANS LES DIAGRAMMES DE RAYONS X
POUR L'IDENTIFICATION RAPIDE DES ARGILES,
DES HYDROXYDES ET DES MINÉRAUX RÉSIDUELS
(Réf. BRINDLEY)

— ARGILES :

- Kaolinite : 7,15 - 4,45 - 3,56 - 2,55 - 2,485 - 2,37.
- Métahalloysite : 7,2 à 7,5 - 4,42 - 3,57 - 2,55 - 2,485 (t.f.) - 2,37 (t.f.).
- Halloysite : 10 - (après chauffage à 100°, passage à 7,2 - 7,5).
- Illite : 9,98 - 4,97 - 3,31.
- Montmorillonite : saturée en Na : 12,5.
saturée en Ca : 15 à 15,5.
(après traitement au glycérol, passage à 17,7 Å).
(après chauffage minimum à 400°, passage à 10 Å).
- Vermiculite : 14 Å (pas de gonflement au glycérol).
(Après chauffage à 350°-400°, passage à 9,5-10 Å).

— HYDROXYDES :

- Gibbsite : 4,83.
- Boehmite : 6,23 - 3,16 - 2,34.
- Goethite : 4,15 - 2,67 - 2,43.
- Hématite : 3,67 - 2,68 - 2,51.

— MINÉRAUX PRIMITIFS DE LA ROCHE :

- Quartz : 4,21 - 3,35.
- Microcline : 4,16 - 3,21.
- Oligoclase : 4,035 - 3,19.
- Muscovite : 9,98 - 5,0 - 3,33.
- Biotite : 10,1 - 3,35.
- Chlorites : 14 à 14,5 (pas de gonflement au glycérol).
(Stabilité et même intensification de la raie à 14 Å après chauffage à 600°).

IV. — ANALYSES SUR ROCHES.

1. Examen en plaques minces au microscope polarisant :

Confection des plaques minces au Centre Géologique de la France d'Outre-Mer à Chatenay-Malabry.

Les roches altérées friables ont été consolidées auparavant au Baume du Canada.

2. Eléments totaux (Laboratoire de l'IDERT-Bondy) :

— Extraction par attaque fluorhydrique après élimination de la silice (Charlot, p. 676) sur échantillon séché à 105°.

— Evaluation de la somme totale des hydroxydes après calcination du précipat d'une fraction aliquote du filtrat.

— Fe^2O^3 : dosage volumétrique par oxydo-réduction au bichromate de K (Charlot, p. 527).

— TiO^2 : dosage colorimétrique par l'eau oxygénée (Charlot, p. 719).

— P^2O^5 : dosage acidimétrique par le phospho-molybdate d'ammonium (Charlot, p. 631).

— Al^2O^3 : dosage par différence entre la somme totale des hydroxydes et les résultats de Fe^2O^3 , TiO^2 , P^2O^5 .

— CaO , MgO , K^2O , Na^2O : dosage par photométrie de flamme.

— La silice totale est calculée par différence (des contrôles ont été effectués par dosage gravimétrique après attaque alcaline).

— Perte au feu (calcination à 900°).

— Dosage du fer ferreux (FeO) :

Après attaque sulfurique et fluorhydrique, dosage par oxydoréduction au bichromate de potasse (Charlot, p. 532).

3. Etude des fractions $< 2 \mu$ et $< 20 \mu$ extraites des roches altérées :

— *Extraction* :

— Broyage modéré dans l'eau distillée de petits blocs de roche altérée.

— Décantation des fractions fines dans un flacon pour agitation ; dispersion après addition de pyrophosphate de Na.

— Extraction des fractions $< 2 \mu$, puis $< 20 \mu$ après sédimentation.

— Flocculation avec ClH , lavage sur filtre et séchage

— *Etude* :

- Même dispositif que pour les argiles des sols (Rayons X et analyses thermiques).

V. — ANALYSES D'EAUX.

- **pH** : mesure colorimétrique sur le terrain avec trousse Prolabo.
- **Conductimétrie équivalente** :
 - Mesures effectuées avec Pont Philips (électrode de platine).
- **Dosage de la silice** (Brunel, t. IV, p. 651) :
 - Méthode Dienert-Vandelberke, avec molybdate d'ammonium à 10 %.
- **Dosage du fer** (Brunel, t. IV, p. 652) :
 - Méthode colorimétrique avec sulfocyanure de K à 10 %.
- **Dosage des bases : CaO, MgO, K²O, Na²O** :
 - Par photométrie de flamme, après concentration des solutions (appareil Beckman).

ANNEXE II

BIBLIOGRAPHIE

La documentation bibliographique a été classée en trois parties :

- I. — Références utilisées dans la définition du milieu forestier ivoirien.
- II. — Références consultées pour l'exposé des faits (phase d'altération minérale et phase pédogénétique) et les interprétations.
- III. — Références des méthodes d'analyses.

I. — LE MILIEU FORESTIER IVOIRIEN

- AUBERT (G.), HENIN (S.). — *Relation entre le drainage, la température et l'évolution des sols.*
C.R. Acad. Sc., 1945, 220, p. 230-232.
- AUBERT (G.), MANGENOT (G.), MIEGE (J.). — *Les éléments floristiques de la basse Côte d'Ivoire et leur répartition.*
C.R. Soc. Biogéogr. Fr., 1948, XXV, 214, p. 30-34.
- AUBREVILLE (A.). — *Climats, Forêts et Désertification de l'Afrique tropicale.*
1949, PARIS, Société Ed. Géogr. Mar. Col., 351 pages.
- AUBREVILLE (A.). — *La flore forestière de la Côte d'Ivoire.* 1936.
PARIS, 3 vol., 308 pages, 3 cartes.
- BAGNOULS (F.), GAUSSEN (H.). — *Les climats biologiques et leur classification.*
Ann. Géogr., 1957, n° 355, p. 193-220.
- BODIN (L.). — *Contribution à l'étude des granites birrimiens dans le Précambrien de l'Afrique Occidentale française.*
Bull. Dir. Mines de l'A.O.F., 1951, n° 12, 93 pages.
- BOLGARSKY (M.). — *Etude géologique et description pétrographique du S-W de la Côte d'Ivoire.*
Bull. Dir. Mines de l'A.O.F., 1950, n° 9.
- CHABRA (A.). — *Etude climatologique provisoire de la Côte d'Ivoire.*
1955, Document ronéotypé.

- CHEVALIER (A.). — *Biogéographie et écologie de la forêt dense ombrophile de la Côte d'Ivoire.*
C.R. Conf. GOMA, 1948. Bull. Agron. Congo Belge, Com. 76, p. 717-732.
- EMBERGER (L.), MANGENOT (G.), MIEGE (J.). — *Existence d'associations végétales typiques dans la forêt dense équatoriale.*
C.R. Acad. Sc., 1950, 231, p. 640-642
- JACQUES-FELIX (H.). — *A propos des savanes côtières de l'Ouest Africain.*
C.R. Conf. GOMA, 1948, Bull. Agron. Congo Belge, Com. 72, p. 733-734.
- LENEUF (N.), AUBERT (G.). — *Sur l'origine des savanes de la basse Côte d'Ivoire.*
C.R. Acad. Sc., 1956, 243, p. 859-860.
- LOUE (A.). — *La nutrition minérale du caféier en Côte d'Ivoire.*
Publication Centre Rech. Agron. BINGERVILLE, 1957, 178 p.
- MANGENOT (G.). — *Etudes sur les forêts des plaines et plateaux de la Côte d'Ivoire.*
Etudes éburnéennes, 1955, n° IV, p. 5-61.
- MANGENOT (G.). — *Une formule simple permettant de caractériser les climats de l'Afrique tropicale dans leurs rapports avec la végétation.*
Revue Gén. Botanique, 1951, 689, p. 353-369.
- MARVIER (L.). — *Notice explicative de la Carte géologique d'ensemble de l'A.O.F. au 1/6 000 000^e.*
Bul. Dir. Mines de l'A.O.F., 1953, n° 16, 104 pages.
- MIEGE (J.). — *La végétation entre BIA et COMOE (Côte d'Ivoire orientale).*
Bul. IFAN, Dakar, 1954, XVI, n° 4, p. 973-989, 4 cartes.
- MIEGE (J.). — *Savanes et forêts claires de la Côte d'Ivoire.*
Etudes Eburnéennes, 1955, n° IV, p. 62-81.
- PORTERES (R.). — *Etudes sur les Caféiers spontanés de la section des Eucoffeae, leur habitat, leur mise en culture et leur sélection en Côte d'Ivoire : Réf. p. 73. Faits et hypothèses sur les climats du Quaternaire et les formations végétales conséquentes.*
Ann. Agro, A.O.F., 1937, p. 68-91.
- PORTERES (R.). — *Sur un indice de sécheresse dans les régions tropicales forestières. Indices en Côte d'Ivoire.*
Bull. Com. Et. Hist. Sc. A.O.F., 1934, p. 417-427.
- ROQUES (M.). — *Le Précambrien de l'Afrique Occidentale française.*
Bull. Soc. Géol. Fr., 1948, XVIII, sept., n° 8-9, p. 589-628.

SCHNELL (R.). — *La forêt dense. Introduction à l'étude botanique de la région forestière d'Afrique Occidentale.*

PARIS, 1950, LE CHEVALIER, 330 pages.

SCHNELL (R.). — *Végétation et flore de la région montagneuse du Nimba.*

Mém. IFAN, Dakar, 1952, n° 22, 604 pages.

SOULE DE LAFONT (D.). — *Le Précambrien moyen et supérieur de Bondoukou.*

Bull. dir. Mines de l'A.O.F., 1956, n° 18, 174 pages.

TERCINIER (G.), MOUREAUX (C.). — *Carte des valeurs du coefficient de Meyer à Madagascar.*

Mem. I.R.S.M., 1953, Série K, t V, p. 197-198.

II. — PHASE D'ALTÉRATION MINÉRALE ET PHASE PÉDOGÉNÉTIQUE

ALEXANDER (L.T.), HENDRICKS (S.B.) et FAUST (G.T.). — *Occurrence of gibbsite in some soil forming materials.*

Soil Sc. Soc. Proc., 1941, p. 52-57.

ARSANDAUX (H.). — *Contribution à l'étude de l'altération des roches silicatées alumineuses dans les régions intertropicales.*

Bull. Soc. Fr. Min., 1931, t. XXXVI, p. 70-110.

AUBERT (G.). — *Les sols latéritiques.*

C.R. Ve Congrès Inter. Sc. Sol, LEOPOLDVILLE, 1954, vol. I, p. 103-118.

AUBERT (G.). — *Les sols hydromorphes d'Afrique Occidentale française.*

C.R. Ve Congrès Intern. Sc. Sol, LEOPOLDVILLE, 1954, vol. IV, p. 447-450.

AUBERT (G.). — *Influence de la nappe phréatique dans la genèse de certaines formations pédologiques en Afrique Occidentale française.* Note inédite, 9 pages.

AUBERT (G.). — *Cours de Pédologie générale*, 1958.

AUBERT (G.) et MOULINIER (H.). — *Observations sur quelques caractères des sols de cacaoyères.*

Agron. Tropic., 1954, p. 428-438.

BAEYENS (J.). — *Les sols de l'Afrique centrale et spécialement du Congo Belge.*

Publication de l'INEAC, 1938, tome I, 375 pages.

BELEY (J.) et CHEZEAU (R.). — *Caractéristiques physiques et chimiques des sols à cacaoyers de la Côte d'Ivoire.*

Agron. Tropic., 1945, n° 4, p. 439-451.

- BIROT (P.). — *Notes sur le problème de la désintégration des roches cristallines.*
Revue Géom. Dyn., 1950, p. 271-276.
- BIROT (P.). — *Morphologie structurale.*
PARIS, 1958, Ed. P.U.F., 167 pages.
- BRAMAO (L.), CADY (J.G.) et HENDRICKS (S.B.). — *The determination of halloysite and its use in the study of red soils.*
C.R. IV^e Congrès Intern. Sc. Sol, vol. I, 1950, p. 76-79.
- BONIFAS (M.). — *Contribution à l'étude géochimique de l'altération latéritique.*
Thèse, Université de Strasbourg, 1958, Document ronéotypé, 370 p.
- BOSAZZA (V.L.). — *The petrography and petrology of South African Clays.*
Thèse, Natal University Colledge, 1946, 313 p.
- BUTLER (J.R.). — *The geochemistry and mineralogy of rock weathering.*
(1) *The lizard Area Cornwall.*
Geoch. et Cosmochim. Acta, 1953, vol. 4, n^o 4, p. 157-178, p. 165-168 : sur granodiorite.
- CAILLERE (S.) et HENIN (S.). — *Etude de l'altération de quelques roches de Guyane.*
Ann. Agron., 1951, p. 414-424.
- CAILLERE (S.), BIROT (P.) et HENIN (S.). — *Etude expérimentale du mécanisme de la désintégration de quelques roches éruptives et métamorphiques.*
C.R. V^e Congrès S.I.S.S., LEOPOLDVILLE, 1954, vol. 11, p. 18-22.
- CAILLERE (S.), HENIN (S.) et BIROT (P.). — *Sur la formation transitoire de montmorillonite dans certaines altérations latéritiques.*
C.R. Acad. Sc., 1957, t. 244, p. 788-791.
- CAILLEUX (A.) et TRICART (J.). — *Un type de solifluxion : les coulées boueuses.*
Revue Géom. Dyn., 1950, 1, p. 28.
- CAROLL (D.) et JONES (N.K.). — *Formations latéritiques apparues sur des roches acides dans l'Australie du S-W.*
Soil Science, 1947, 64, p. 1-15.
- CASTAGNOL (E.M.). — *Le sol. Etude théorique et pratique.*
1942, HANOI, Edit. Inst. Rech. Agron. For., 264 p.
- CHAPMAN (R.W.) et GREENFIELD (M.A.). — *Spheroidal weathering of igneous rocks.*
Am. Journ. Sc., 1949, p. 407-429.

- CHETELAT (E. de). — *La genèse et l'évolution des gisements de nickel en Nouvelle-Calédonie.*
Bull. Soc. Géol. Fr., 1947, t. XVIII, p. 105-160.
- COLLIER (D.). — *Sur l'altération des granites à gros grains en Auvergne.*
C.R.A.S., 1951, t. 233, n° 1, p. 96.
- COLLIER (D.). — *Sur l'altération des granites à grain fin en Auvergne.*
C.R.A.S., 1951, t. 233, n° 2, p. 199.
- CORBEL (J.). — *L'érosion chimique des granites et silicates sous climats chauds.*
Revue Géom. Dyn., 1957, 1-2, p. 4-8.
- CROMPTON (E.). — *Granite soils developed under tropical and temperate weathering conditions.*
Mem. Manchester Phil. Soc., 1939, 83, p. 117-127.
- DRESCH (J.). — *Pénéplaines africaines.*
Ann. Géogr., 1947, LVI, p. 125-137.
- DUCHAUFOR (Ph.). — *Pédologie. Applications forestières et agricoles.*
1956, Nancy, Ecole Nationale des Eaux et Forêts, 310 p.
- DUFFAUT (P.). — *Sur la genèse des boules de certains granites.*
C.R. Soc. Géol. Fr., 1957, n° 8, p. 139-141.
- DERRUAU (M.). — *Précis de géomorphologie.*
Edit. Masson, PARIS 1958, 395 pages.
- ERHART (H.). — *Traité de Pédologie.*
STRASBOURG, 1935, 256 pages.
- ERHART (H.). — *La genèse des sols en tant que phénomène géologique.*
PARIS, Edit. MASSON, 1956, 90 pages.
- FIELDES (M.) et SWINDALE (L.D.). — *Chemical weathering of silicates in soil formation.*
N.Z. Journ. Sc. Tech., 1954, sept., p. 140-154.
- FREDERICKSON (A.F.). — *Mechanism of alteration.*
Bull. Geol. Soc. Am., 1951, vol. 62, p. 221-232.
- FREDERICKSON (A.F.) et COX (J.E.). — *Solubility of albite hydrothermal solutions.*
Amer. Miner., 1954, 39, n° 9-10, p. 738-749.
- FRIPIAT (J.-J.) et MARCOUR (M.). — *Estimation quantitative du contenu des sols en kaolinite, montmorillonite et illite.*
C.R. II^e Conférence Interafr. Sols, LEOPOLDVILLE, 1954, p. 1325-34.
- GASTUCHE (M.C.), DELVIGNE (J.) et FRIPIAT (J.-J.). — *Altération chimique des kaolinites.*
C.R. V^e Congrès S.I.S.S., LEOPOLDVILLE, 11, 26, p. 439.

- GLANGEAUD (L.). — *Evolution des minéraux résiduels et notamment du quartz dans les sols autochtones en A.O.F.*
C.R. Acad. Sc., 1941, t. 212, p. 862-864.
- GLANGEAUD (L.). — *Une étude statistique de l'effet du bioclimat sur la composition chimique et minéralogique des sols de la Côte d'Ivoire (Rapport Silice/Alumine).*
C.R. Acad. Sc., 1942, p. 360-362.
- GRAHAM (E.R.). — *The plagioclases feldspaths as an Index to soil weathering.*
Proc. Soil Sc. Soc., 1949, XIV, p. 300-302.
- HAMILTON (R.). — *Soil minerals of the Gold Coast.*
J. Soil Sc., 1955, 6, n° 2, p. 312-318.
- HARADA (M.). — *Etude de l'altération des roches ignées : Parties 10 et 11 : sur l'altération du granite.*
J. Agr., Chem. Soc. Jap., 1952, 26, n° 10, p. 519-23 ; n° 11, p. 577-80.
- HARRASOVITZ (H.). — *Boden der Tropischen Regionen.*
Handbuch des Bodenlehre, BERLIN 1930, 387 pages.
- HARRISON (J.B.). — *The katamorphism of igneous rocks under humid tropical conditions.*
Imp. Bur. Sc. Soil, 1943, 79 pages.
- HAUSER (E.A.). — *Discussion of mechanism of formation of clay minerals.*
Ann. Inst. Min. Metal, N.Y., 1953.
- HEINZELEIN (J. de). — *Observations sur la genèse des nappes de gravats dans les sols tropicaux.*
INEAC, 1955, Série Scient., n° 64.
- HENIN (S.). — *Quelques résultats récents concernant la synthèse des minéraux argileux.*
Agrochimica, 1957, 1, n° 4, sept., p. 328-337.
- HENIN (S.) et PEDRO (G.). — *Mise en évidence d'un effet de dislocation du granite à biotite par traitement à l'eau oxygénée.*
C.R. Acad. Sc., 1957, t. 245, p. 1451-1453.
- HENIN (S.) et ROBICHET (O.). — *Sur les conditions de formation des minéraux argileux par voie expérimentale à basse température.*
C.R. Acad. Sc., 1953, t. 236, p. 517-519.
- D'HOORE (J.). — *L'accumulation des sesquioxides libres dans les sols tropicaux.*
Publication INEAC, 1954, Série Scient., n° 62, 132 pages.
- HUMBERT (R.P.). — *The Genesis of laterite.*
Soil Science, 1948, vol. 65, p. 281-290.

- JACKSON (M.L.) et SHERMANN (D.G.). — *Chemical weathering of minerals in soils.*
Advance Agronomy, 1953, p. 219-318.
- JOHNSON (L.J.) et JEFFRIES (C.D.). — *The effect of drainage on the weathering of the clay minerals in the Allenwood catena of Pennsylvania.*
Soil Sc. Soc. Amer. Proc., 1957, 21, n° 5, p. 539-542.
- JUNG (J.). — *Précis de Pétrographie.*
PARIS, Edit. MASSON, 1958, 314 p.
- KILLIAN (Ch.). — *Sols de forêt et de savanes en Côte d'Ivoire.*
Ann. Agron. 1942, n° 4, p. 600-632.
- KELLER (W.D.) et FREDERICKSON (A.F.). — *Role of plants and colloïdal acids in the mechanism of weathering.*
Am. Journ. Sc., 1952, vol. 250, p. 594-608.
- KELLOGG (Ch. E.). — *Tropical Soils.*
C.R. IV^e Congrès S. I. Sc. Sol. AMSTERDAM, 1950, vol. 1. Com. n° 66, p. 266-276.
- KERR (P.F.). — *Formation and occurrence of clay minerals.*
Clays and Clay Technology Bulletin n° 169, p. 19-32. (Department of Natural Resources, California.)
- LACROIX (A.). — *Les latérites de Guinée et les produits d'altération qui leur sont associés.*
N. Arch. Mus. Hist. Natur., 1913, p. 255-358.
- LAPLANTE (A.) et ROUGERIE (G.). — *Etude pédologique du bassin français de la Bia.*
Bull. IFAN, 1950, t. XII, n° 4, p. 883-904.
- LAPPARENT (J. de). — *Sur la sérécité.*
Bull. Soc. Géo. Fr., 1947, p. 349-350.
- LAPPARENT (J. de). — *La décomposition latéritique du granite dans la région de Macenta (Guinée française).*
C.R. Acad. Sc., 1939, t. 208, p. 1767-1769.
- LAPPARENT (J. de). — *Etude comparative de quelques porphyroïdes françaises.*
Bull. Soc. Fr., Mineralogie, 1909, t. 32, p. 174-304.
- LENEUF (N.). — *Contribution à l'étude pédologique de l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Vallée du Cavally (Taï-Tabou).*
Rapport inédit, ORSTOM, 1956, 37 pages.

- LENEUF (N.) et DABIN (B.). — *Etude des sols de l'Ouest de la Côte d'Ivoire, Vallée du Sassandra.*
Rapport inédit, ORSTOM, 1956.
- LENEUF (N.) et DABIN (B.). — *Etude pédologique de bassins versants de Côte d'Ivoire.*
Rapport inédit, ORSTOM, 1958, 65 pages.
- LENEUF (N.), OCHS (R.). — *Les sols podzoliques du cordon littoral en basse Côte d'Ivoire.*
C.R. VI^e Cong. Int. Sc. Sol. PARIS, 1956, vol. E, p. 529-532.
- LENEUF (N.), de LA SOUCHERE (P.) et DABIN (B.). — *Contribution à l'étude pédologique de la région N-E de Divo.*
Edit. COBAFRUIT, 1957, ABIDJAN, 61 pages.
- MAIGNIEN (R.). — *De l'importance du lessivage oblique dans le cuirassement des sols en A.O.F.*
C.R. VI^e Congrès Intern. Sc. Sol, PARIS, 1956, vol. E, p. 463-467.
- MAIGNIEN (R.). — *Contribution à l'étude du cuirassement des sols en Guinée française.*
Thèse, 1958, Université de STRASBOURG. Document ronéotypé, 311 p.
- VAN DER MERWE (C.R.). — *Les minéraux argileux des groupes de sols sub-tropicaux de l'Union de l'Afrique du Sud.*
Sols Africains, (1957), vol. IV, n° 2, p. 106.
- MEURICE (R.). — *Les divers modes d'altération des principaux minéraux par les agents naturels.*
Bull. Inst. Agron. Gembloux, 1941, t. X, n° 1-4, p. 11-25.
- MILLOT (G.). — *Relations entre la constitution et la genèse des roches sédimentaires argileuses.*
Bull. Ass. Ing. Geol. Nancy, 1949, t. II, n° 2-3-4, 352 pages.
- MILLOT (G.) et BONIFAS (M.). — *Transformations isovolumétriques dans les phénomènes de latéritisation et de bauxitisation.*
Bull. Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine, 1955, t. 8, p. 1-20.
- MOHR (E.C.J.) et VAN BAREN (F.A.). — *Tropical Soils.*
1954, AMSTERDAM, 498 p.
- NYE (P.H.). — *Some soil forming processes in the humid tropics.*
Journ. Soil Sc., 1954, vol. 5, n° 1, p. 8-21.
Journ. Soil Sc., 1955, vol. 6, n° 1, p. 51-83.
- OBERLIN (A.), HENIN (S.), et PEDRO (G.). — *Recherches sur l'altération expérimentale des granites par épuisement continu à l'eau.*
C.R. Acad. Sc., 1958, t. 246, p. 2006-2008.

- OBERLIN (A.) et TCHOUBAR (C.). — *Etude en microscopie électronique de l'altération des cristaux de kaolinite.*
C.R. Acad. Sc., 1957, t. 244, p. 1524-1526.
- OBERLIN (A.). — *Altération des cristaux de kaolinite : détermination par microdiffraction électronique de la structure des produits altérés.*
C.R. Acad. Sc., 1957, t. 244, p. 1658.
- PARISEK (E.J.) et WOODRUFF (J.F.). — *Description and origin of stone of layers in soils of the Southeastern States.*
Journ. Geol. USA, 1957, n° 1, p. 24-34.
- PEDRO (G.). — *Etude par voie expérimentale du processus de formation d'éléments fins par altération des roches à l'aide d'eau pure.*
Bull. Gr. Fr. Argiles, 1958, t. X, p. 45-60.
- PEDRO (G.). — *Considérations sur une forme de l'altération des roches : l'arénisation.*
C.R. Acad. Sc., 1959, t. 248, p. 993-996.
- PEDRO (G.). — *Nouvelles recherches sur l'influence des sels dans la désagrégation des roches.*
C.R. Acad. Sc., 1957, t. 244, p. 2822-2824.
- PEDRO (G.). — *Premiers résultats concernant la réalisation expérimentale d'un processus de latéritisation.*
C.R. Acad. Sc., 1958, t. 247, p. 1217-1220.
- POLYNOV (B.B.). — *Premiers stades de formation du sol sur les roches cristallines massives.*
Pédologie (U.R.S.S.), 1945, n° 7, p. 327-339.
- PRESCOTT (J.A.). — *A climatic index for the leaching factor in soil formation.*
1949. J. Soil Sc., I, p. 9-19.
- PRUNET (J.). — *Hydrogéologie et captage des eaux souterraines en Côte d'Ivoire.*
Bull. Dir. Mines A.O.F., 1945, n° 99, p. 55-115.
- RAWITSCHER (W.). — *The depth of rock decomposition an important ecological factor in the tropics.*
Vegetatio, 1949, 2, n° 1, p. 14-19.
- ROCH (E.). — *Les bauxites de Provence : des poussières fossiles.*
C.R. Acad. Sc., 1956, t. 242, p. 2847-2849.
- ROCH (E.). — *Observations géologiques et réflexions sur certaines terres argileuses et latéritiques de Madagascar.*
3^e Congrès Ass. Sc. Pays Oc. Indien, TANANARIVE, 1957, p. 59-70.
- RONDEAU (A.). — *Les « boules » de granite.*
Ann. Géom. Allem., 1958, 2, n° 3, p. 211-219.

- ROQUES (M.). — *Mécanisme de l'altération des granites.*
Bull. Ass. Fr. Et. Sol, 1956, n° 80, p. 615-616.
- ROY (J.C.). — *Silica in natural waters.*
Am. Journ. Sc., 1954, vol. 243, p. 393-403.
- ROUGERIE (G.). — *Etude morphologique du bassin français de la Bia et des régions littorales de la lagune Aby.*
Etudes éburnéennes, 1951, n° 11, 108 pages.
- ROUGERIE (G.). — *La dissolution de la silice en milieu tropical humide.*
C.R. Congrès Intern. Géogr., Washington, 1952, 7 pages.
- ROUGERIE (G.). — *Un mode de dégagement probable de certains dômes granitiques.*
C.R. Acad. Sc., 1955, t. 240, p. 327-329.
- ROUGERIE (G.). — *Acidité des eaux en milieu tropical.*
C.R. Acad. Sc., 1958, t. 246, p. 447-449.
- ROUGERIE (G.). — *Existence et modalités du ruissellement sous forêt dense de Côte d'Ivoire.*
C.R. Acad. Sc., 1958, t. 246, n° 2, p. 290-292.
- RUELLAN (F.). — *La décomposition et la désagrégation du granite à biotite au Japon et en Corée et les formes du modelé qui en résultent.*
C.R. Congrès Intern. Géogr., PARIS, 1931.
- RUHE (R.V.). — *Stone lines in soils.*
Soil Sc., 1959, vol. 87, n° 4, p. 223-231.
- RUXTON (B.P.) et BERRY (L.). — *Weathering of granite and associated erosional features in Hong-Kong.*
Bull. Géol. Soc. Amer., 1957, 68, n° 10, p. 1263-1291.
- SCHAUFELBERGER (P.). — *How is weathering of rocks and formation of soils progressing in the tropics specially in Colombia ?*
Schweiz. Miner. Petrog. Mitt., 1950, 30, p. 238-257.
- SCHMID (M.). — *Note sur les relations entre les formations végétales et les sols dans les régions de Bouaké et de Mankono, en Moyenne Côte d'Ivoire.*
1948. Bull. Soc. Sc., Nat. CHERBOURG.
- SEGALEN (P.). — *Etude des sols dérivés des roches volcaniques basiques à Madagascar.*
Thèse PARIS 1956, Publ. Mem. Inst. Sc. MADAGASCAR. Série D, t. VIII, 1957, 182 pages.
- STEPHEN (I.). — *A study of rock weathering with reference to the soils of the Malvern Hills, Part. I : Weathering of biotite and granite.*
Journ. Soil Sc., 1952, vol. 3, n° 1, p. 20-33.
- VAGELER (P.). — *Grundriss der Tropischen und subtropischen Bodenkunde.*
1930, BERLIN.

- WAEGEMANS (G.). — *Introduction à l'étude de la latéritisation et des latérites du Centre Africain.*
Bull. Agr. Congo Belge, 1951, XLII, n° 1, p. 13-56.
- WAGER (L.). — *A stage in the decomposition of biotite from the shap granite.*
Proc. Yorks. Geol. Soc. XXV, p. 367-372.
- WAHLSTROM. — *Prefontain and recent weathering on the Plugstaff mountain near boulder (Colorado).*
Bull. Geol. Soc. Am., 1948, vol. 59, n° 92, p. 1173-1188.
- WALKER (G.F.). — *The decomposition of biotite in the soil.*
Clay Mineral Group. Meeting at Leeds, 1949, p. 693-703.
- VANDERSTAPPEN (R.) et CORNIL (J.). — *Contribution à l'étude des minéraux argileux du type « Mixed Layers ».*
Bull. Soc. Belge Geol., 1958, t. LXVII, fasc. 1, p. 91-103.
- YAGISHITA. — *Sur les produits d'altération du granite à biotite et hornblende d'Ononiimachi.*
Rep. Res. Inst. Nat. Ressources Japon, 1955, n° 39, p. 47-53.

III. — MÉTHODES D'ÉTUDES

- ANNE (P.). — *Sur le dosage de la matière organique des sols.*
Ann. Agron., 1945, p. 161.
- AUBERT (G.), OLLAT (C.) et PINTA (M.). — *Méthodes d'analyses utilisées actuellement au laboratoire des sols de l'I.D.E.R.T.*
C.R. II^e Conf. Interafr. Sols, LEOPOLDVILLE, 1954, Com. 101, p. 1267-1276.
- BERTRAND (L.) et ROUBAULT (M.). — *L'emploi du microscope polarisant.*
Edit. LAMARRE, PARIS, 1936, 110 pages.
- BRINDLEY (G.W.). — *X. Ray identification an crystal structure of clay minerals.*
TAYLORAND Francis Edit., LONDON, 1951. The Mineralogical Society.
- BRUNEL (A.). — *Traité pratique de chimie végétale.*
Edit. G. FRERE, TOURCOING, 1948, t. I, II, III, 1952 ; t. IV.
- CHARLOT (G.) et BEZIER (D.). — *Analyse quantitative minérale.*
Edit. MASSON, PARIS, 1955, 3^e Edit.
- CHARLOT (G.) et GAUGUIN (R.). — *Dosages colorimétriques.*
Edit. MASSON, PARIS, 1952, 243 pages.

- DANA (J.D.). — *System of mineralogy*.
Edit. J. WILLEY.
- DEB (B.C.). — *The estimation of free iron-oxides in soils and clays, and their remorals*.
The Journ. Soil Soc., 1950, vol. I, n° 2, p. 212-220.
- DEMOLON (A.). — *La dynamique du sol*.
Edit. DUNOD, PARIS, 1952, 520 pages.
- DENAEYER (M.E.). — *Tableaux de Pétrographie*.
Edit. LAMARRE, PARIS, 1951, 111 pages.
- I.N.E.A.C. — *Répertoire des méthodes d'analyse de sol*.
Diffusion par le B.I.S. (II^e Conf. Interaf. Sols, LEOPOLD-VILLE, 1954).
- LASSIEUR (A.). — *Analyse des silicates*.
Edit. DUNOD, PARIS, 1951, 119 pages.
- ROGERS (A.F.), KERR (P.F.). — *Optical mineralogy*.
1942, Edit. Mc GRAW HILL, Book Company, N-Y, 390 pages.
Saline and Alkali Soils.
Edit. RICHARDS, N Y, 1954, 160 pages.
- SEGALEN (P.). — *Détermination des rapports silice/alumine et silice/hydroxydes*.
Mém. Inst. Scient. Madagascar, 1954, D, VI, p. 87-103.

ANNEXE III

PHOTOGRAPHIES

PLANCHE I

Photo N° 1 - Forêt hygrophile de la région Est (Nord d'ABOISSO). (Type à Mapania sur granodiorite).

Photo N° 2 - Forêt pélohygrophile, de la région centrale de Côte d'Ivoire (vue du Dôme de BRA-FOUÉDI).

Photo N° 3 - Forêt sub-hygrophile de la région centrale. — Débroussement sur chaos granitique (route LAKOTA-SASSANDRA).

N° 1

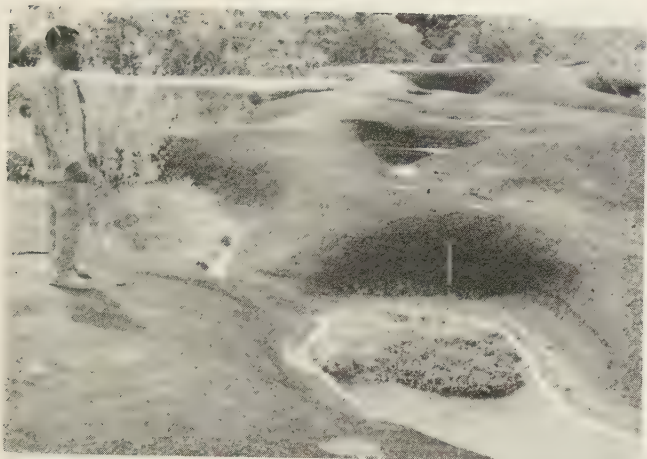


N° 2



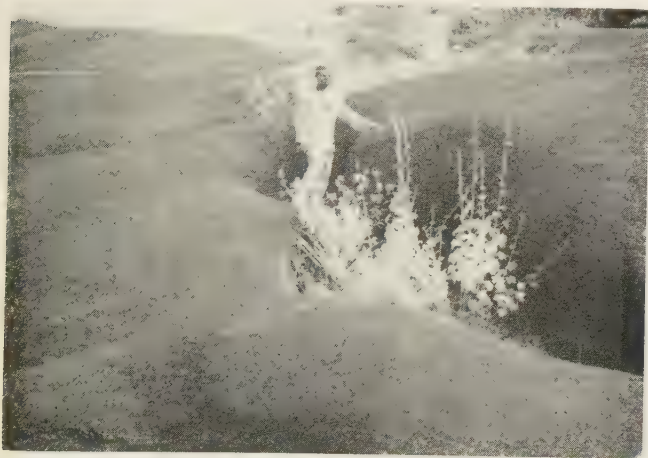
N° 3





N° 4

Photo N° 4 - BRAFOUÉDI : Vasques d'altération avec ou sans végétation, sur le sommet du dôme.



N° 5

Photo N° 5 - BRAFOUÉDI : Canaux profonds où se concentre le ruissellement des eaux météoriques en haut de la pente.



N° 6

Photo N° 6 - BRAFOUÉDI : Canaux très évasés, creusés par le ruissellement des eaux, sur le flanc Nord du dôme.

PLANCHE III

N° 7

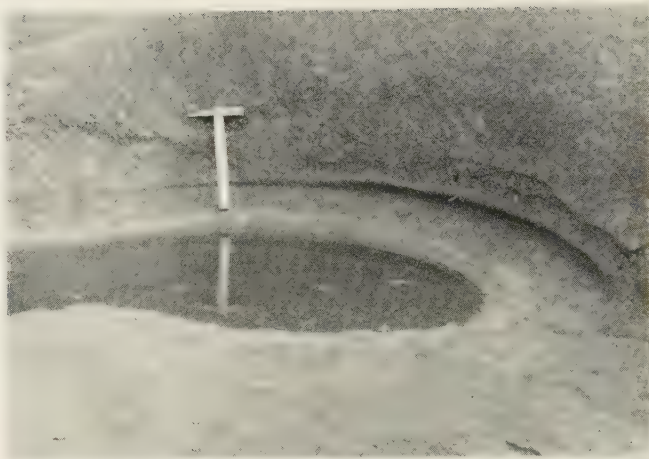


Photo N° 7 - BRAFOUÉDI : Vue intérieure d'une vasque, montrant le surplomb formé par une altération plus active dans la zone d'imbibition.

Photo N° 8 - Carrière de BRAFOUÉDI : Eclatement d'une masse granitique montrant un plan diaclasique tapissé de calcite.

Photo N° 9 - BRAFOUÉDI : Altération et creusement d'une vasque hémisphérique sur diaclase tapissée de calcite, dans la masse granitique, sur pente.

N° 8



N° 9





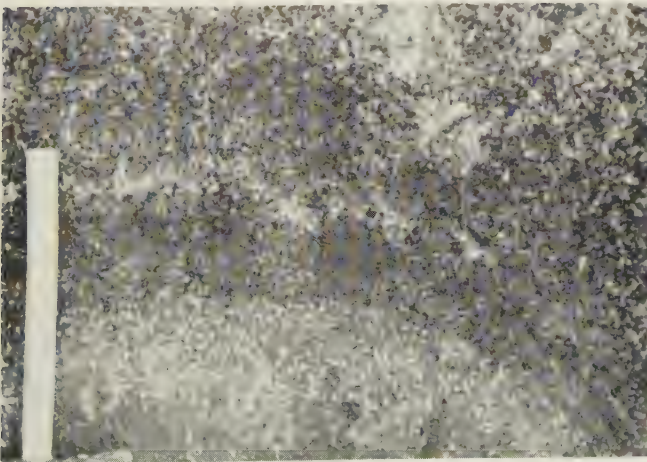
N° 10

Photo N° 10 - Dôme de NIANGBO : Pentes proches du sommet avec colonisation de Cypéracées (*Eriopora pilosa*).



N° 11

Photo N° 11 - Dôme de NIANGBO : Vasque sommitale.



N° 12

Photo N° 12 - Dôme de NIANGBO : Détail de la structure du granite sur un bord de la vasque sommitale : structure plus grenue avec petites cavités dans la zone d'imbibition.

N° 13



Photo N° 13 - Carrière d'AYAMÉ (Profil AYA. 9) : Front de la carrière où ont été prélevés les faciès d'altération sur diagenèses.

Photo N° 14 - Profil DIV. 5 (Route DIVO-TIASSALÉ, km 16) : Sol ferrallitique sur granite calco-alcalin à muscovite.

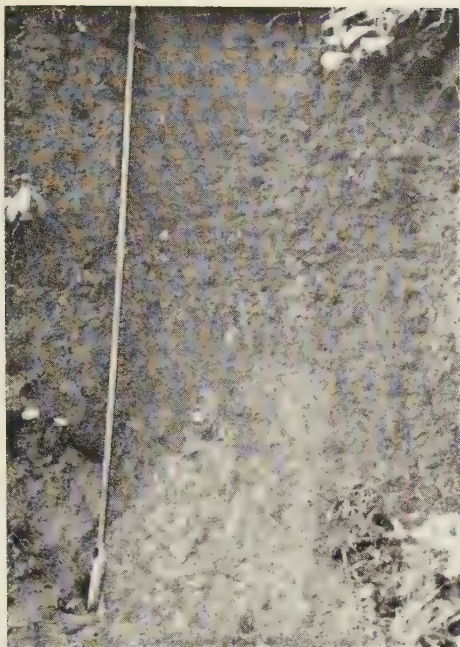
Photo N° 15 - Profil AGV. 3 (Route AGBOVILLE-AKOUPÉ, km 4) : Sol ferrallitique sur granite calco-alcalin à muscovite, traversé de filons de pegmatite.

N° 14



N° 15





N° 16



N° 17

Photo N° 16 - Profil W. 8 (Région de TABOU) : Sol ferrallitique très lessivé sur migmatite.

Photo N° 17 - Profil AYA. 8 (Barrage de la BIA à AYAMÉ) : Sol ferrallitique très lessivé sur granodiorite, avec front supérieur d'altération de la roche (Série A, B, C, D, E, H).

Photo N° 18 - Profil AYA. 8 : Détail de la zone supérieure d'altération montrant des diaclasses grises constituées de métahalloysite et entourant d'anciens blocs de roche, où ne subsistent plus que du quartz et de la goethite.

PLANCHE VI

N° 18

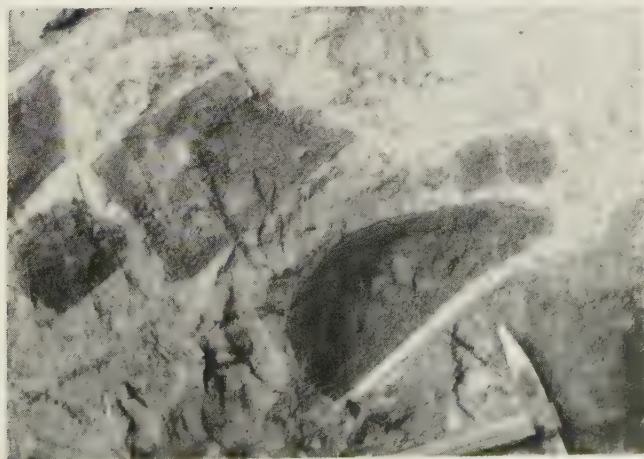


PLANCHE VII

N° 19



Photo N° 19 - Profil DIV. 6 : Sol ferraflitique sur granite à muscovite. Vue générale de la coupe montrant la couche graveleuse séparant la zone superficielle remaniée et la zone profonde d'argile tachetée.

Photo N° 20 - Profil DIV. 6 : Détail du profil.

Photo N° 21 - Profil DIV. 6 : Détail sur la zone d'argile tachetée montrant les marbrures typiques de cet horizon.

N° 20



N° 21

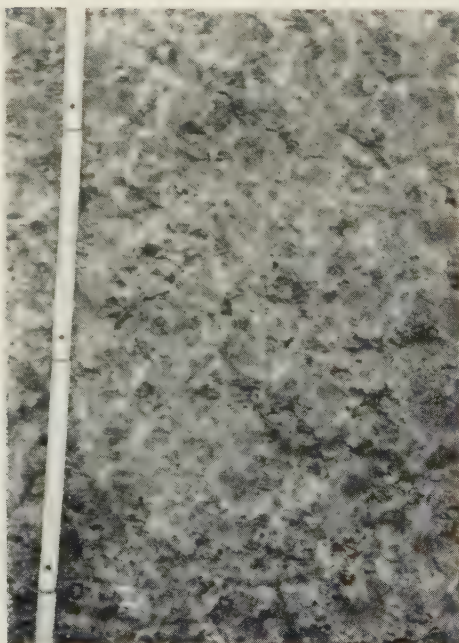


PLANCHE VIII

N° 22

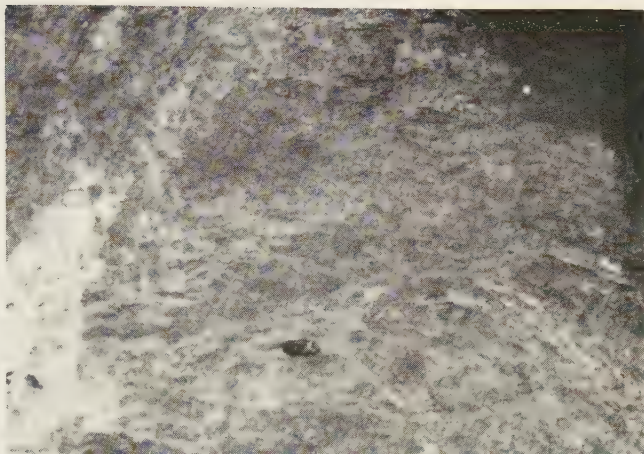
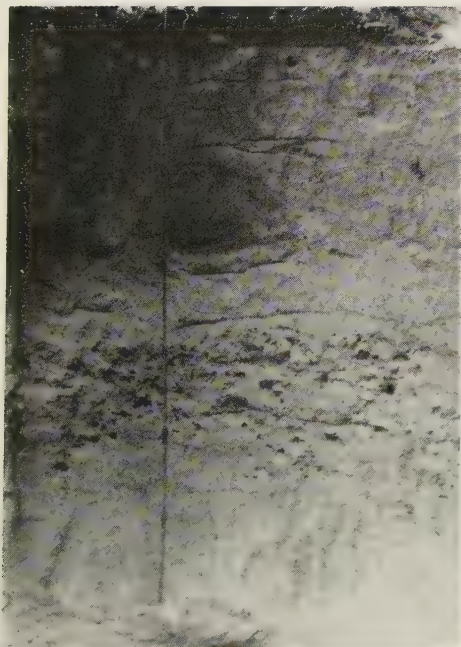


Photo N° 22 - Profil SS. 6 : Forêt de BALÉKO (route GAGNOA-SASSANDRA). Diaclases courbes sur bloc de migmatite en voie d'altération ferrallitique.

Photo N° 23 - Profil LAG. 4 : Sol ferrugineux tropical lessivé à concrétions sur colluvions sableuses de bas de pente. (Plantation DUSSAUTOIR à DIVO.)

Photo N° 24 - Profil LAG. 4 : Détail sur l'horizon lessivé montrant les lignes de migration du fer.

N° 23



N° 24

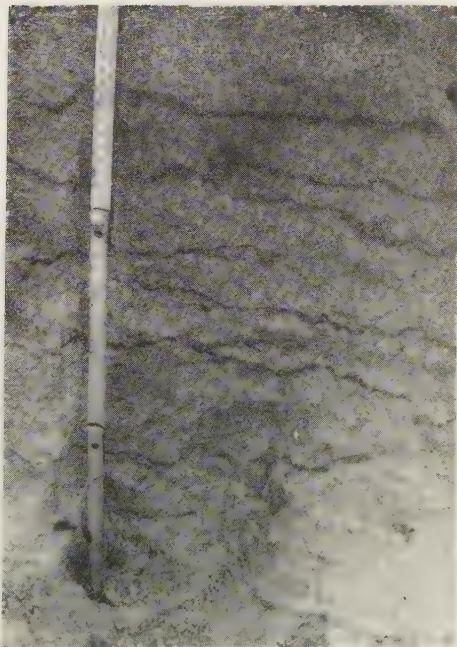
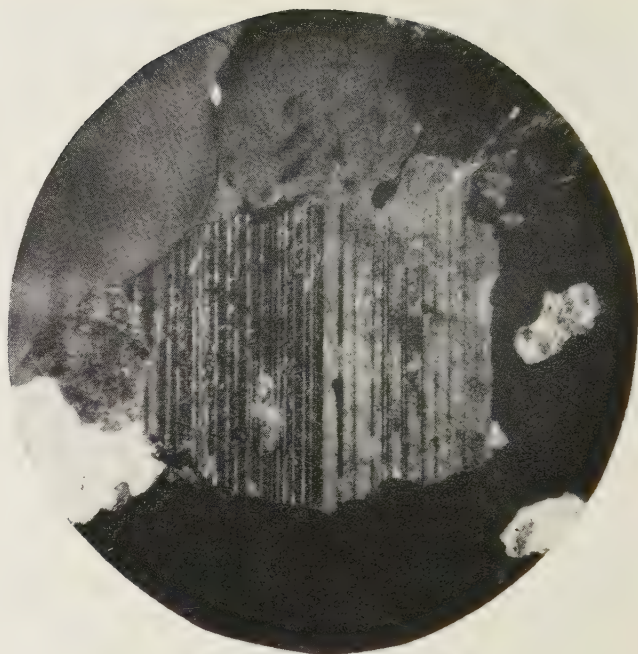


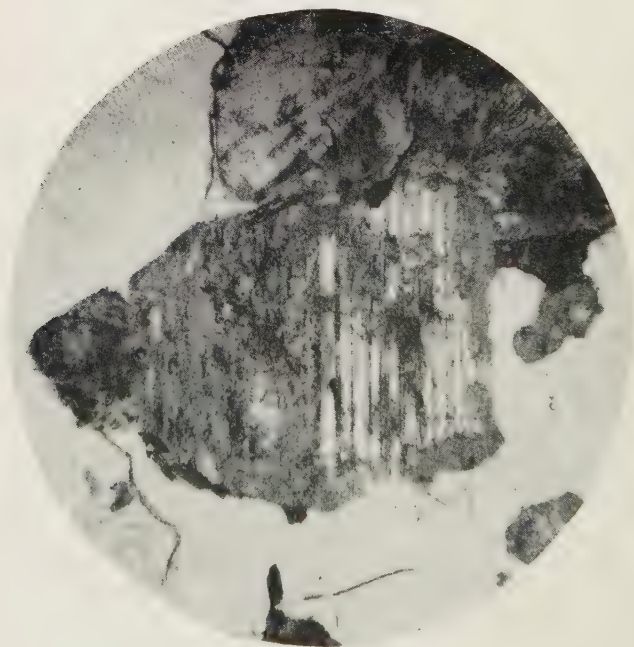
PLANCHE IX

N° 25

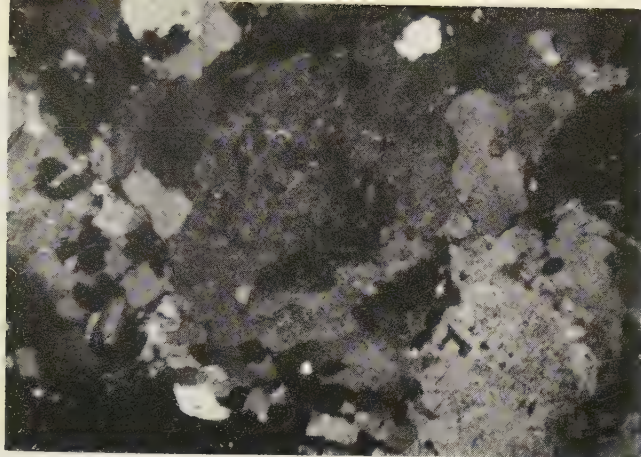


*Photo N° 25 - MACENTA - Echantillon MAC. 1
(L.P. $\times 60$) : Granite calco-alcalin : altération de
surface diaclasique souterraine. Oligoclase sérici-
tisé avec biréfringence plus faible par plages.*

N° 26

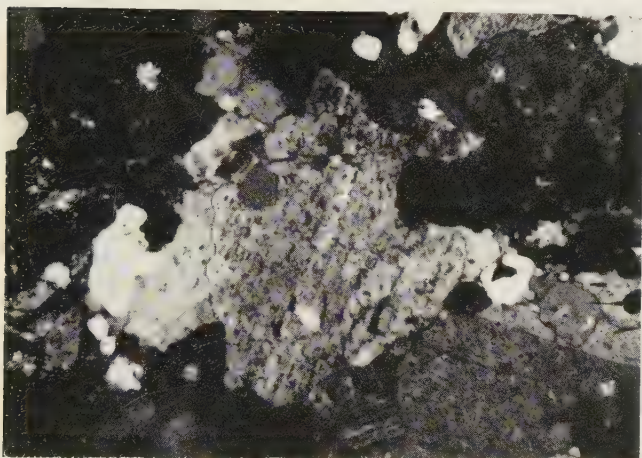


*Photo N° 26 - MACENTA - Même échantillon
(L.N. $\times 60$) : Dans l'oligoclase, les plages altérées
sont troubles, pénétration d'hydroxydes de fer
dans les fissures et dans les clivages.*



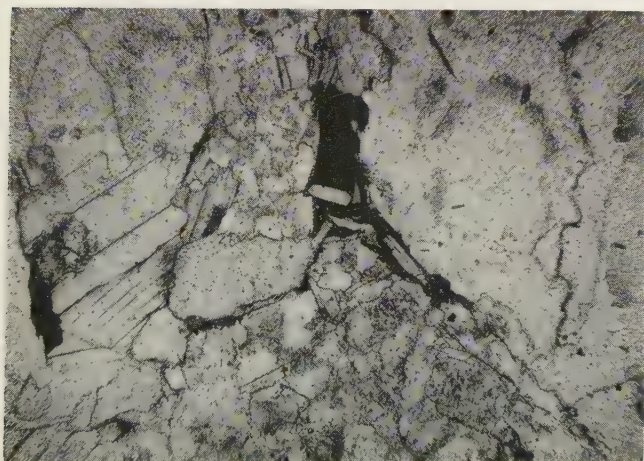
N° 27

Photo N° 27 - Est-DIVO - Echantillon DIV. 5-A (L.P. $\times 125$) : Granite calco-alcalin à muscovite : roche saine. Noter au centre de la lame un plagioclase séricitisé interpénétré par des plages de microcline (pseudo-antiperthite).



N° 28

Photo N° 28 - Est-DIVO - Echantillon DIV. 5-B (L.P. $\times 125$) : Granite calco-alcalin à muscovite : roche « blanchie ». La macle de l'albite a pratiquement disparu de certains plagioclases fortement séricitisés et leur biréfringence est faible.



N° 29

Photo N° 29 - Dôme de NIANGBO - Echantillon A (L.N. $\times 125$) : Granite calco-alcalin à 2 micas. Altération de surface aérienne. Cristaux de chlorites avec diffusion d'hydroxydes de fer dans les fissures voisines.

Photo N° 30 - Carrière d'AYAMÉ - Echantillon AYA. 9-A (L.P. x 60) : Granite calco-alcalin à 2 micas : roche saine. Gros cristaux de plagioclases légèrement séricitisés.



Photo N° 31 - Carrière d'AYAMÉ - Echantillon AYA. 9-B (L.P. x 60) : Granite calco-alcalin à 2 micas : roche altérée « blanche ». Forte séricitisation des plagioclases. Fissuration des cristaux de microcline.

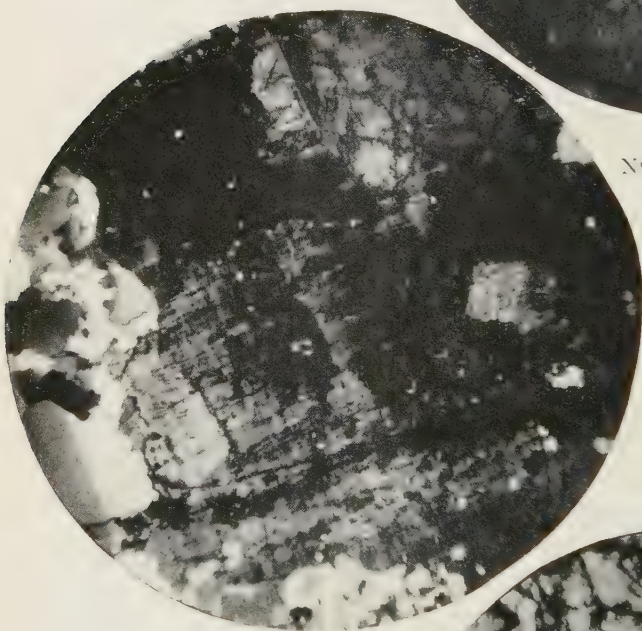
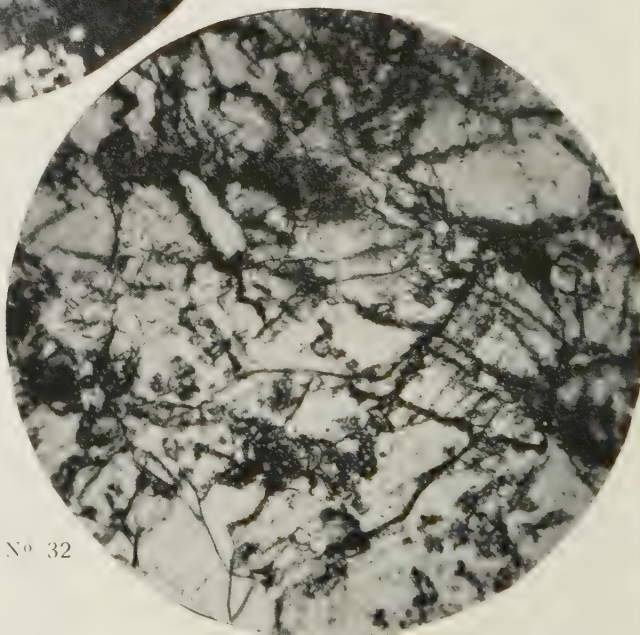
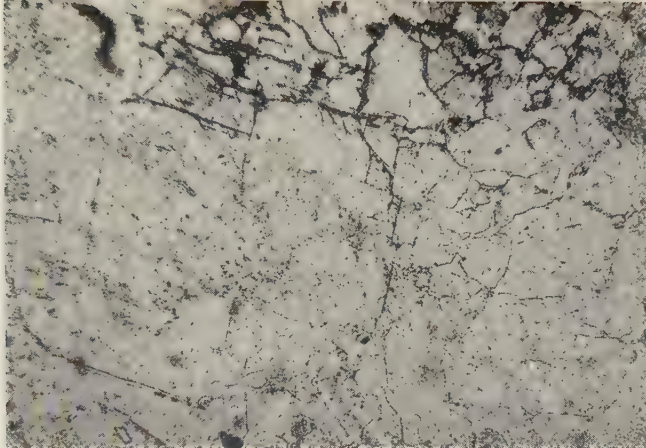


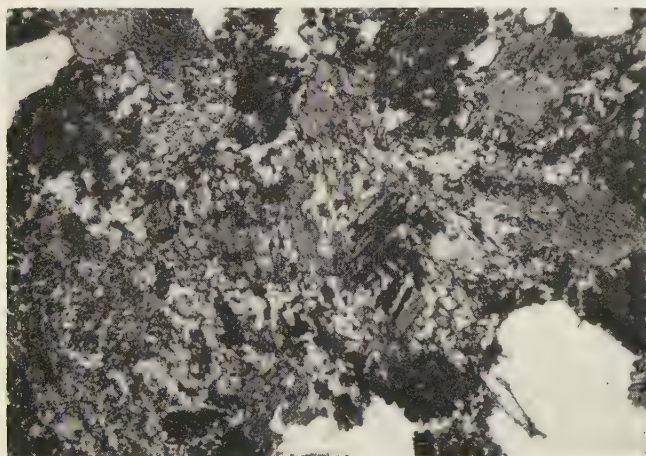
Photo N° 32 - Carrière d'AYAMÉ - Echantillon AYA. 9 L.N. x 60) : Cortex rouille de surface diaclasique souterraine : roche imprégnée par des hydroxydes de fer ; réseau dense de fissures disloquant les minéraux à gros grains (quartz, microcline, plagioclase).





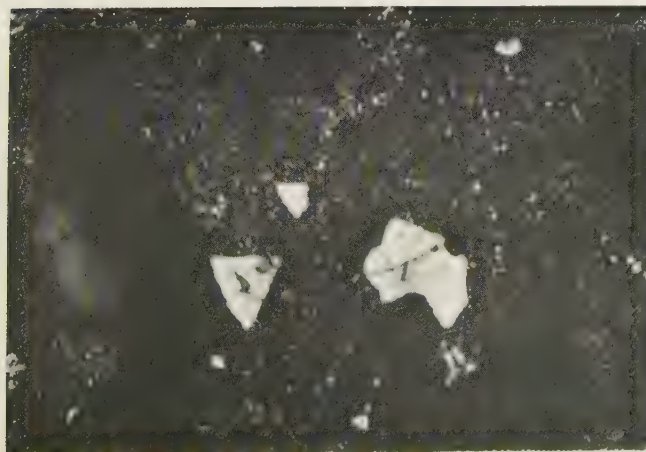
N° 33

Photo N° 33 - Carrière PASCAL - Echantillon B (L.N. $\times 125$) : Migmatite : roche altérée « blanchie » massive (bas de la coupe). Dislocation des minéraux par un réseau dense de fissures imprégnées d'hydroxydes de fer dans la zone externe proche de la surface diaclasique (haut de la coupe).



N° 34

Photo N° 34 - Barrage de la BIA - Echantillon AYA. 8-A (L.P. $\times 125$) : Granodiorite à un premier stade d'altération. Les cristaux de hornblende sont morcelés et déchiquetés ; leur biréfringence est encore normale, ils ne sont pas imprégnés d'hydroxydes de fer. Les plagioclases sont très altérés.



N° 35

Photo N° 35 - Barrage de la BIA - Echantillon AYA. 8 C (L.P. $\times 125$) : Granodiorite très altérée, ferruginisée (« Pain d'épices »). Plages brunes d'hydroxydes de fer à l'emplacement de la hornblende et plages finement cristallisées, incolores, sur les plagioclases altérés (Gibbsite ? Kaolinite?).

Photo N° 36 - LAKOTA
 Profil GG. 4 (L.P.
 . 60) : Oolithe bauxi-
 tique : substance
 amorphe constituée
 d'hydroxydes d'Al et
 de Fe : dans les fis-
 sures, cristallisation de
 gibbsite.



N° 37

Photo N° 37 - LAKOTA
 - Même échantillon
 (L.P. . 125) : Détail
 sur les cristaux de
 gibbsite, avec mâcles
 visibles.

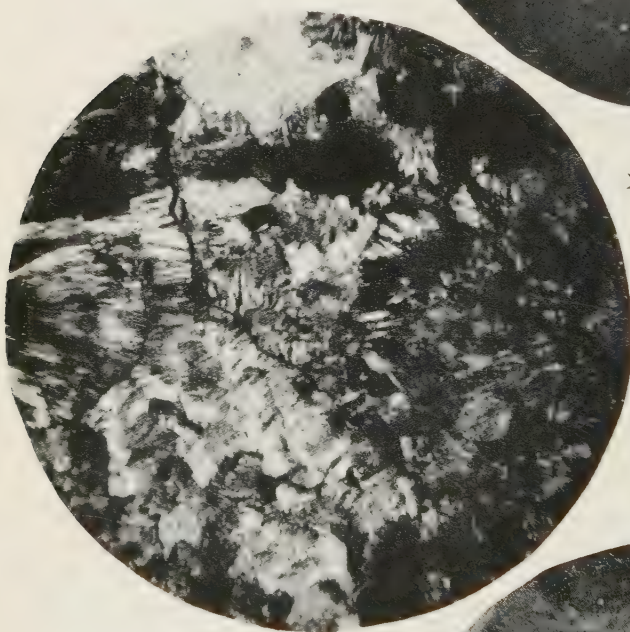
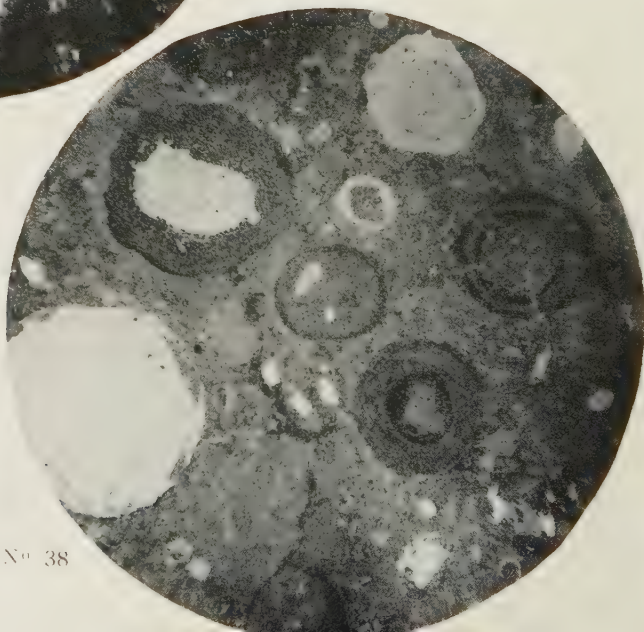


Photo N° 38 - BALEKO
 - Bauxite « kaolinique »
 (L.N. $\times 60$) : Sub-
 stance amorphe dans
 les oolithes et dans
 les méats ; quelques
 fissures tapissées de
 gibbsite.

N° 38



N° 39

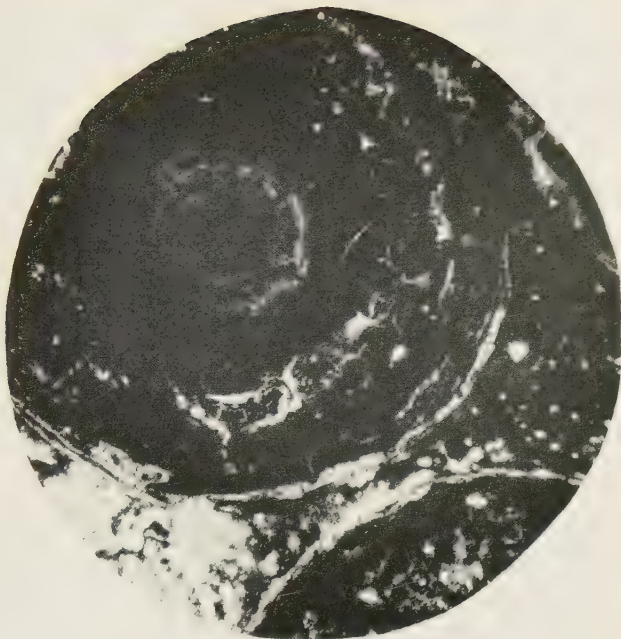


Photo N° 39 - ADÉBEM - Profil LK. 5 (L.N. $\times 60$) :
Cuirasse bauxitique oolithique, à teneur élevée
en Fe.

Photo N° 40 - LAKOTA - Profil GG. 4 (L.P. $\times 125$) :
Dans une cuirasse bauxitique oolithique, présence
de plages finement cristallisées (boehmite ?) :
cristaux de gibbsite de dimensions plus élevées
dans les fissures.

Photo N° 41 - LAKOTA - Profil GG. 4 (L.N. $\times 125$) :
Cuirasse bauxitique avec zircon inclus dans un
matériau amorphe. Cristaux de gibbsite dans le
haut de la lame.

N° 40



N° 41

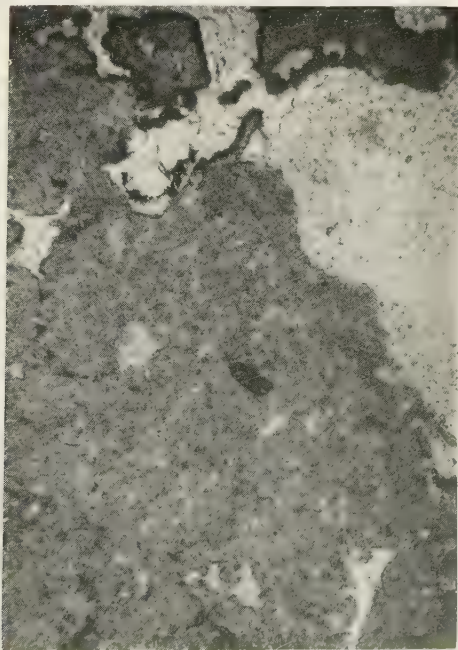


PLANCHE XV

Aspect morphologique de sables quartzeux prélevés dans un profil ferrallitique sur granodiorite (AYA-8).

N° 42

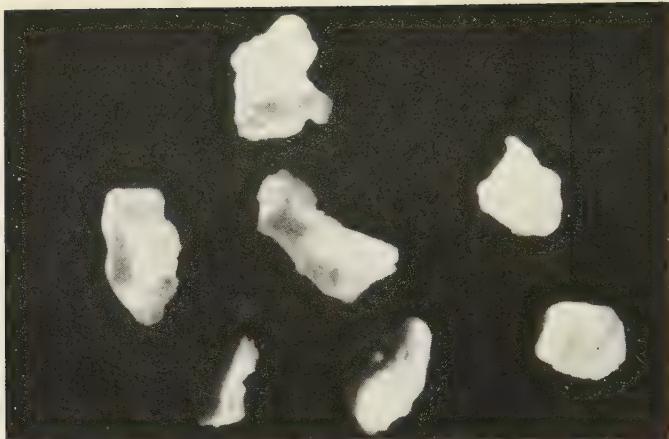
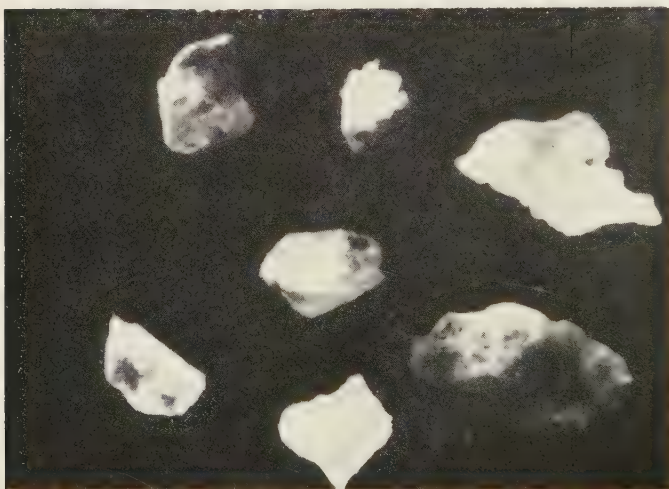


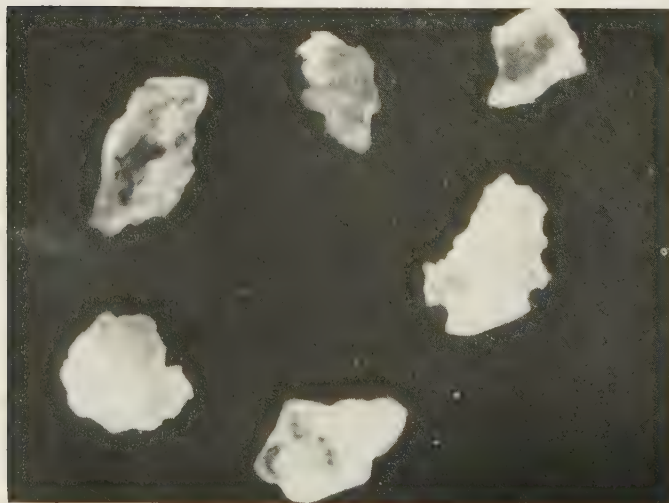
Photo N° 42 - Zone superficielle (50 à 60 cm) : grains « émoussés » plus ou moins mamelonnés (bourgeoisements siliceux).

N° 43



Photos Nos 43 et 44 - Zone profonde de l'argile tachetée (3 à 4 m) : grains anguleux, ayant conservé encore une allure xénomorphe comme dans la roche-mère ; grains déjà émoussés dont la morphologie se rapproche du faciès superficiel.

N° 44



DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

Les BORDURES SÉDIMENTAIRES du GOLFE du BÉNIN

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 22 octobre 1959

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

J. PÉRÈS

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

J. SARRAILH

